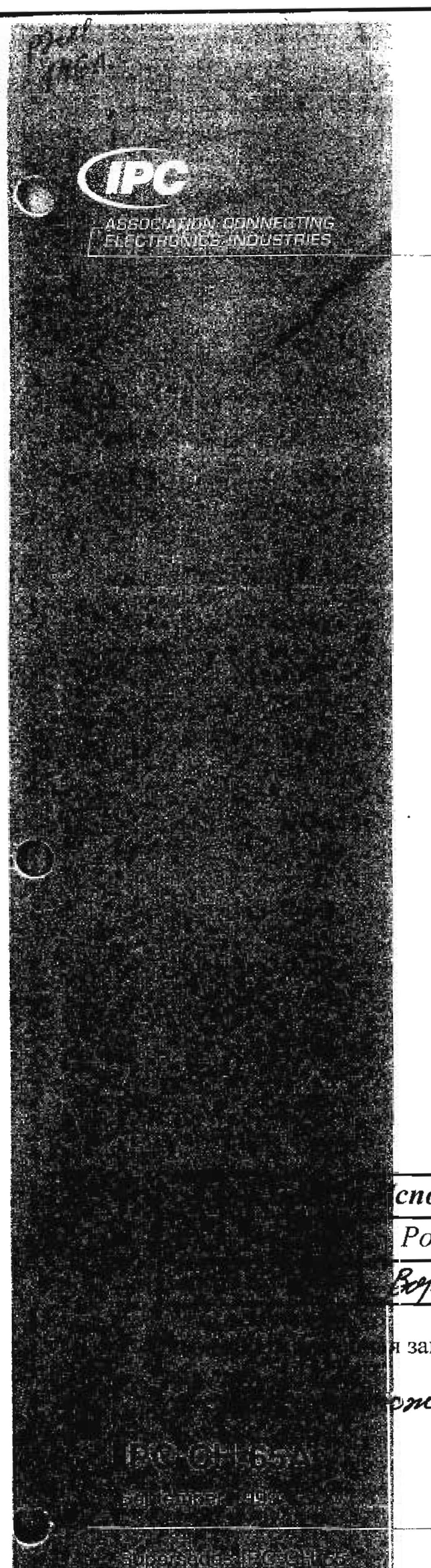
Примечание: Русский перевод стандарта запускается в производство только совместно с официальной версией на английском языке. Регулирущей версией является версия на английском языке. В случае разночтений необходимо руководствоваться версией на английском языке.

Отсутствующие по тексту русского перевода таблицы и рисунки представлены в версии стандарта на английском языке.



IPC-CH-65A

Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies

Руководство по очистке печатных плат и компоновочных узлов

сполнитель	Проверил	Нач.отд.	Гл.инженер
Романова	Степанова	Исупов	Тюревин
8.12.08			

я записка отдела 2614

ожением IPC-CH-65A на англ. языке (на 56 листах)

A standard developed by IPC

2215 Sanders Road, Northbrook, IL 60062-6135
Tel. 847.509.9700 Fax 847.509.9798
www.ipc.org

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Версия IPC-CH-65 предназначена для печатных плат и компоновочных узлов и представляет собой план по их очистке, сочетающий в себе как существующие, так и развивающиеся технологии.

Издание IPC-CH-65 было впервые опубликовано в декабре 1990г., тогда мир электроники значительно отличался от ныне существующего. В те времена сквозное отверстие было основным, а применявшийся низкий остаточный поток бес процесса очистки был на самых ранних этапах своего развития. Не было ничего сложнее передачи изображения 50 мильного шага в пакетной форме Ball Grid Array (BGA), который в норме редко встречался. Таким образом, и само производство плат было простым процессом с наименьшим количеством опций.

Современные требования к очистке в производстве узлов и плат не похожи на таковые, предъявляемые в 1990-х. Относительно широкая трасса на платах и компоненты с большим шагом делают процесс перемещения (удаления) сложных остатков менее требовательным. Важно отметить, что соответствующая очистка печатных плат, производимая ранее сборщиком, не представляла существенной проблемы, так как завершенные узлы обычно были уже промыты.

Когда это руководство было впервые опубликовано, выбор очищающих средств был значительно ограничен. Широко использовались хлорсодержащие растворители, а новых средств, которые предлагали распространители моющих средств, было не так много (если таковые вообще имелись). Многих очистителей, которые мы привыкли видеть сейчас, тогда еще не было либо их производство только начиналось с изучения потребностей моющих электронных узлов по отношению к очистителю. Полуводные двухфазные очищающие системы (например, моющий раствор плюс ополаскиватель) были введены сравнительно недавно. Картина очистителей электроники не была еще представлена водными омыляющими реагентами на неорганической основе. Такие растворители, как гидрофтороуглерод (HFCs), фтороводородный эфир (HFEs), метилсилоксановое летучее соединение (VMSs), n-пропил-бромид (n-PB) были изобретены сравнительно недавно.

Подход к требованиям по отношению к окружающей среде (за исключением истощения озонового слоя) и безопасности рабочего не носил такого комплексного характера и не был так четко регламентирован, как в наши дни. К примеру, нормы по отношению к содержанию в воздухе летучих органических соединений только начинались вводиться и были не настолько жесткими, как сейчас. Аналогичная ситуация по отношению к устранению

отходов и разработке замкнутого цикла создавала дополнительную сложность при разработке процесса очистки.

Несмотря на то, что за последнее десятилетие 90-х сами компоновочные узлы и потребности по отношению к очищающим средствам значительно продвинулись вперед и стали носить комплексный характер, с уверенностью можно сказать, что современные очищающие технологии соответствуют поставленным перед ними задачам. За последние годы было много изучено в области очищающих средств для компоновочных узлов и печатных плат. За последние несколько лет было написано и/или опубликовано большое количество литературы о потребностях в чистящих средствах для таких приборов, как перевернутый кристалл, BGAs, о требованиях, предъявляемых к чистящим средствам, и рисках, связанных с низкоостаточным безочистным методом. Следует также отметить, что в 90-х произошло существенное усовершенствование приборов, предназначенных для очистки, которые стали более эффективными. На данный момент технологии переработки отходов и замкнутых циклов достаточно хорошо изучены.

1.1 Назначение

IPC-CH-65A представляет собой усовершенствованный и удобный для пользователя план действий, предназначенный для использования на производстве и при очистке узлов. Ключевые слова: усовершенствованный, удобный для пользователя, план действий.

1.2Область применения.

Данное руководство в большей степени представляет собой план действий на основе уже существующих и развивающихся положений относительно очистки, нежели подробный документ, охватывающий все области, связанные с процессом очистки. Что касается очистки, руководства IPC были недавно доработаны, соответствующие разделы в IPC-CH-65A содержат только необходимую информацию для осведомления. В данном руководстве могут быть ссылки на подходящие разделы существующего издания IPC (в котором даны эти разделы) для более полной информации по отдельному вопросу. Например, стандарт IPC-AC-62«Справочник по жидким очистителям» является ссылкой IPC руководства. В подобных ссылках содержится расширенная информация по отдельному вопросу, за исключением базиса, который уже дан в основном документе IPC. Преимущество такого подхода состоит в том, что обновленные версии не являются громоздкими, представляя удобство для пользователя.

Положения о производстве печатных плат и чистоте компоновочных узлов адресные и разделены по простоте доступа. В исходном стандарте IPC-CH-65A эти разделы взаимосвязаны. Тем не менее, было замечено, что разделы по производству и узлам справедливо содержат большой блок обучающего

материала, в частности материал о требованиях по чистоте готовых печатных плат.

Производственный раздел начинается с общих положений, в нем также уделяется внимание источникам и природе остатков. Затем описываются различные этапы очистки, которые встречаются при производстве печатных плат (или оснований, если быть более точным). Производственная очистка учитывает особые потребности, связанные с числом новых финишных поверхностей. Важно отметить, что значение соответствия требованиям по чистоте для печатных плат, предназначенных для безочистной сборки, существенно возросло. В частности, это имеет отношение к платам, при производстве которых припой выравнивают потоком горячего воздуха. Раздел, посвященный сборке, начинается с обсуждения основных положений, а также источников и природы остатков. Охватывает все процессы монтирования платы и соответствующие положения по очистке. Данный раздел включает обсуждение очищающих средств и оборудования. Очевидно, это самый важный раздел, где читатель получает информацию о широком спектре опций. Включены материалы об очистке припоев.

В то время как основное внимание руководства сосредоточено на производстве и очистке узлов, другие ключевые моменты, связанные с этими процессами, можно найти в других разделах. Современные процессы очистки должны включать положения по безопасности по отношению к рабочим и окружающей среде.

1.3 Современные и развивающиеся процессы очистки и соответствующие положения.

По ряду причин существует общее заблуждение, что процесс очистки – это уже достояние прошлого. Те, кто отчетливо представляет механизм и потребности современных технологий, тем не менее, не попадают под влияние этого заблуждения.

Судя по реальному положению дел, потребность в очистке не уменьшается. Процессы очистки остаются на тех же этапах, либо заменяются другими, плюс ко всему, разрабатываются новые процессы очистки. Например, кто знаком с узлами с низким содержанием примесей, знает, что низкое содержание примесей не означает отсутствие необходимости в очистке. Очистка является ключевым моментом, от которого зависит конечное содержание примесей. Узлы с низким содержанием примесей проходят легко заменяемые этапы очистки, начиная от этапа сборки, вплоть от производства плат, и даже производства отдельных компонентов.

Возникла даже потребность в очистке узлов с низким содержанием примесей до отправки. Специалисты по пайкам обнаружили, что некоторые заказчики

требуют очищенных узлов, невзирая на природу потока, используемого в процессе сборки. Несмотря на то, что некоторые (не все) производители, использующие поток/пасту утверждают, что не обязательно производить очистку потока/пасты с низким содержанием примесей. На самом же деле, специалисты, осуществляющие сборку, используют специальные чистящие реагенты.

Для многих специалистов по сборке не всегда доступна возможность использования варианта с низким содержанием примесей. Зачастую нет возможностей удовлетворять требованиям процесса очистки, поэтому используются уже очищенные компоновочные узлы с ожидаемыми характеристиками.

Дополнительные потребности в очистке возникли в связи с продолжающимся развитием процесса монтажа на поверхность. В электронных узлах стали использовать большее пространство. Чистящие реагенты и оборудование благоприятствовали решению возникших требований. На данный момент очистка при использовании BGA не вызывает затруднений благодаря достаточной высоте промежутков и интервалу шаровых элементов. Если в будущем возникнут затруднения, что вполне вероятно из-за большого числа шаровых элементов I/O, используемых BGA, очистка, промывка и сушка будут представляться сложной задачей. Очистка также необходима для обеспечения свободного пространства под перевернутым кристаллом. Очистка также важна для оптимизации свойств конформных покрытий.

Большое значение стало уделяться возможности проводить эффективную очистку трафаретов. Возрастание требований к трафаретной печати связано с применением высококачественных и чистых деталей, таких как матрица шаровых выводов. Для чистых трафаретов требуется соответствующее количество пасты. Возможно частичное или полное повреждение апертуры в современных приборах с более мелким шагом. Было установлено, что примерно 70% дефектов пайки при монтаже на поверхность возникают из-за проблем с паяльной пастой.

В настоящее время при очистке большое внимание уделяется вопросам безопасности по отношению к рабочим и окружающей среде. И производители, и сборщики в равной степени должны учитывать такие факторы, как: ЛОС, БПК, ХПК (летучие органические соединения, биологическую потребность в кислороде, химическую потребность в кислороде); переработку сточных вод, тяжелые металлы, закрытый цикл и pH. При выборе очищающих средств учитываются один либо несколько факторов, в зависимости от официально установленных нормативов (на федеральном и/или местном уровне). (Смотрите раздел 3).

1.3Термины и определения
Используемая терминология соответствует таковой стандарта IPC-T-50, за исключением отдельных уточнений.

Очистка органическим растворителем – удаление органического или неорганического загрязнения с помощью полярного или неполярного органического растворителя.

Промывка – операция, главным образом, по удалению нежелательных загрязнений (примесей) с поверхностей путем химического или физического воздействия.

Ополаскивание – операция по очистке, следующая за промывкой, когда свежее очищающее средство удаляет остатки примесей, оставляя на влажной поверхности лишь частицы очищающего средства.

Сушка – процесс удаления с поверхности деталей частиц очищающего средства, следует за промывкой и ополаскиванием.

Компоновочный узел – набор деталей компоновочного узла или любого другого соединения, собранных воедино.

Внимание: символ (*) означает, что термин взят из документа IPC-T-50 без изменения.

2 **Используемая документация**
В данном разделе приведен библиографический список промышленных стандартов, федеральных положений, методов испытаний и технологических жидкостей, применительно к очистке печатных плат и компоновочных узлов. Не все из этих источников используются в тексте. Для удобства читателей ниже представлен список данных источников.

2.1 IPC[1]
IPC-B-24 Испытательный стенд сопротивления поверхностной изоляции
IPC-B-25 Универсальный испытательный стенд со сторонами 1 и 2
IPC-B-36 Испытательный стенд по вариантам очистки
IPC-B-60 Справочник оп очистке припоя органическим растворителем
IPC-B-61 Справочник по очистке припоя полуводным растворителем

2.6 Национальная ассоциация противопожарной защиты (NFPA)
NFPA 35 Стандарт по производству органических покрытий.

2.7 Американский национальный институт стандартов (ANSI)
Американское общество по контролю за качеством (ASQC)
ANSI/ASQC Z-1.15 Общие руководства по системам управления качеством.

3 Безопасность и воздействие на окружающую среду

Хотя в главе 3 особое внимание уделено законодательным актам СШ и процессуальным кодексам, в большинстве стран имеются подобные нормативные документы в похожей или несколько отличающейся форме. Они могут быть в большей или меньшей степени строгими и применяться по-разному. Общая тема данной главы применима ко всем, но следует быть внимательнее к деталям и учитывать местные нормативные положения.

Для получения более подробной информации о безопасности и воздействии на окружающую среду в результате применения различных методов очистки рекомендуется внимательно изучать соответствующие руководства IPC для очистки припоев водными (IPC-AC-62), полуводными (IPC-SA-61) или органическими растворителями (IPC-SC-60).

3.1 Безопасность

Все очищающие средства являются химическими реагентами. Поэтому их применение должно проходить в соответствии с правилами и рекомендациями по использованию. Согласно правилам, каждый, кто работает с полуводными очищающими реагентами или другими химическими соединениями, должен иметь доступ к Справочным данным по безопасности при работе с химическими веществами для данных хим. реагентов. Специалист всегда должен быть информирован о последних изменениях этих справочных данных для химического вещества, с которым он работает. Добросовестный поставщик очищающих средств всегда предоставляет пользователю полную информацию об испытаниях на токсичность, угрозах здоровью, удалении отходов, приемах безопасной работы, средствах защиты, взаимодействии с другими веществами, воспламеняемости и т.д. Данные документы следует прочесть и использовать.

Помещение, в котором проводятся работы по очистке, должно быть хорошо вентилируемым, а воздействие химических реагентов следует сводить к минимуму. Для безопасности рабочего очень важно, чтобы испарения химических веществ не превышали значения предельно допустимой концентрации (ПДК). Это официальное ограничение относительно допустимого уровня концентрации паров, рабочий должен следить за допустимым уровнем воздействия в течение 8 часов либо за более низкой концентрацией при краткосрочном воздействии (обычно 15 минут) согласно

положениям 29 CFR 1910.1000 раздела о веществах, загрязняющих атмосферу Управления охраны труда.

Также очень важно контролировать воздействие химических реагентов, следя за вентиляцией помещения и за соблюдением правил работы, а также за показателем ПДК на протяжении 8 часов в соответствии с установленными нормами Американского Собрания правительственных промышленных гигиенистов и/или Национального института охраны труда. В этих так называемых заявлениях не указываются ПДК или концентрация при краткосрочной очистке, основное внимание уделяется техническому контролю (например, вентиляции помещения) как главному методу контролирования воздействия вредных химических веществ и требования ношения защитной спецодежды, а именно респираторов, для защиты в случае возникновения непредвиденной ситуации. Поскольку ношение респиратора является необходимым условием в целях защиты рабочего от вредных паров очищающих реагентов, рабочий должен иметь письменный план защитного действия респиратора. (29 CFR 1910.134).

Опасность для здоровья может представлять возможное вдыхание паров, вызывающее раздражение или разъедание оболочки глаза или кожных покровов. Следует сделать оценку требований по защите газ и/или лица. Во избежании попадания средств на кожу, следует носить специальные защитные перчатки. При работе с химическими реагентами используют специальное очистное оборудование. Список рекомендуемого оборудования поставщик предоставляет вместе с очищающими реагентами.

Согласно данным Национальной ассоциации противопожарной защиты жидкости с температурой воспламенения ниже 60^0C (140^0F) относят к огнеопасным, а с температурой воспламенения выше 60^0C (140^0F) ниже 93.3^0C (200^0F) – к горючим. Огнеопасные жидкости представляют опасность взрыва при накоплении их паров в воздухе непроветриваемого помещения. Применяя огнеопасный реагент, пользователь должен убедиться, что оборудование, где данный реагент будет применяться, соответствует точным стандартам конструкции в плане защиты от взрыва проводки, переключателей, лампочек, моторов и т.д. (Смотрите NFPA 35 OSHA 29 CFR 1910.106). Перед применением огнеопасных средств следует получить разрешение от местного пожарного депо на использование определенного жидкого реагента. Уведомление также запрашивается пожарным депо и комиссией по чрезвычайному планированию согласно общественному праву EPA по положениям 40 CFR 355.30(b), 370.20, 370.21, 370.25, в которых говорится о хранении и использовании определенных хим. реагентов.

Для получения полной информации по безопасности, обратитесь к стандарту IPC-CS-70 «Руководство по безопасности во время обращения с химическими веществами при производстве печатных плат». Важно

отметить, что при работе с химическими веществами, всегда следует просматривать «Справочные данные по безопасности при работе с химическими веществами» (предоставляются производителем хим. реагентов).

3.2 Окружающая среда

При выборе очищающего средства следует помнить о том, какое воздействие оно оказывает на атмосферу, о производственных стоках воды и об образовании других промышленных отходов. Для каждого из перечисленных случаев может потребоваться специальное разрешение в зависимости от степени использования очищающего средства, а также наличия других источников загрязнения воздуха, промышленных стоках воды и других отходов производства при использовании конкретных средств.

Все загрязняющие вещества удаляются с компоновочных узлов вместе с очищающим средством, а возможная промывка обуславливает расположение вблизи водных систем. Слив сточных вод, т.н. отходов производства контролируется местными нормативными документами. Необходимо проводить анализ сточных вод на предмет биологического потребления кислорода (БПК), химического потребления кислорода (ХПК), pH, свинца и других тяжелых металлов, общего количества нефильтруемого остатка и других параметров и следить за тем, чтобы эти показатели соответствовали местным нормативным документам. В одних районах слив производственных отходов может осуществляться сразу в городские системы без дополнительной обработки, в других районах требуется тщательная обработка. В последнее время заметна тенденция наложения запретов на наличие некоторых веществ в производственных сточных водах. Эти вопросы достаточно хорошо освещены в руководствах 40 CFR 423 и 40 CFR 433.

Как правило, для слива отработанных вод, как общего потока, так и потока с реагентами, требуется специальное разрешение от местного муниципалитета, у которого в собственности находятся водоочистные станции, согласно Закону о контроле за загрязнением воды. Дополнительно к разрешению может запрашиваться санкция (в редких случаях санкция регионального Управления по охране окружающей среды). Следовательно, каждый отдельный случай слива отработанных вод требует обязательного рассмотрения органами местного муниципалитета до его непосредственного начала. В ходе такого рассмотрения муниципалитет решает вопрос о выдаче разрешения либо о снижении требований мониторинга. Если в местах производства для системы очистки и утилизации сточных вод предусмотрен расход подземных вод, бюро по защите подземных вод должно выдать свое разрешение. Слив сточных вод, содержащих очищающие вещества, следует производить с особой осторожностью, поскольку восстановление в случае возможного загрязнения подземных вод и почвы будет стоить очень дорого.

Деятельность по производственной очистке, которая может сопровождаться загрязнением атмосферы и водных ресурсов сточными водами, регулируется на федеральном уровне, но чаще всего на местном уровне существуют также дополнительные требования. Пользователь должен быть хорошо знаком с органами местной власти, занимающимися вышеперечисленными вопросами, для решения кадровых и производственных вопросов.

4 Конструкция, позволяющая производить очистку

Что касается несмонтированных печатных плат, конструкция мало влияет на возможность производить очистку. С другой стороны, неподходящая конструкция и компоновка узлов часто затрудняют очистку.

Что касается пайки, то компоновка узлов конструкции должна облегчать производство. Это означает, что конструктор (оператор автоматизированного проектирования) должен знать производственный процесс и соответствующие ограничения. Как правило, узлы со сквозным отверстием представляют меньше проблем по сравнению с узлами, монтируемыми на поверхность, что, в свою очередь, влияет на конструкцию основания с высокоплотными соединениями.

В некоторых случаях могут возникнуть разногласия при конструировании в плане требований по отношению к электрической части, хорошей компоновке для пайки и хорошей компоновке для очистки. В этих ситуациях конструктор должен попытаться найти компромиссное решение, но производственный персонал все же следует предупредить о возможных проблемах. Изменяя параметры оборудования, можно избежать либо снизить влияние подобных проблем. В нижеследующих параграфах требования к конструкции в плане электрической части и пайки не учитываются.

Во время очистки высокоплотных компоновочных узлов с монтажом на поверхность необходимо проверить, что система автоматизированного проектирования (САПР) учла все существующие возможности для выполнения очистки. Это может означать, что компоненты основания всегда должны располагаться в заданном направлении, для чего может потребоваться один или более дополнительных сигнальных уровня. Если это нежелательно с точки зрения экономии, то может потребоваться включение дополнительного сигнального провода в цепь напряжения или «земляной слой». Это исключает необходимость в компонентах с разветвленным выходом, позволяющих увеличить плотность компонентов, являясь серьезным компромиссом процессу очистки, учитывая современные технологии. С другой стороны, маловероятно, что найдется лучшее решение для высоконадежной электроники, поскольку градиент напряжения в таких компоновочных узлах будет значительно выше напряжения остаточного потока и может возникнуть скачок напряжения.

Следует обратить внимание, что корпус электронного компонента с большим числом выводов микросхемы всегда представляет большую трудность. В частности, очистка под матрицей шариковых выводов и под корпусами кристаллов с числом штырьков несколько сотен или даже более тысячи в большинстве случаев невозможна, даже при наличии самых лучших материалов и оборудования. В таких случаях конструктор должен быть предупрежден о том, что каждая попытка должна гарантировать отсутствие препятствий очистке.

Параметры конструкции следует определять, исходя из возможности процесса очистки, доступной при производстве плат и в сборочных цехах. Ниже дается описание примеров процессов очистки, используемых на производстве, а также показана взаимосвязь конструкции и эффективности плат.

4.1 Очистка разбрызгиванием

Во время очистки компоновочного узла методом разбрызгивания, чаще всего средствами на водной основе, следует обеспечить как можно больший доступ к компонентам узла. В идеале, очистка будет эффективной при максимальном доступе разбрызгивающей насадки к компонентам и мощным потоком струи, причем, лучше, если размер капелек очищающего средства будет меньше расстояния между компонентами и основанием. Идеальное расположение не всегда будет одинаковым, а будет зависеть от особенностей механизма, используемого для очистки. Компоновочные узлы собственного производства не представляют больших проблем, поскольку для всех узлов можно использовать одно и то же оборудование. Если в производстве задействованы три стороны, могут возникнуть проблемы, поскольку каждая из сторон располагает оборудованием, отличающимся по типу. Об этом стоит задуматься и решить, где же будет осуществляться производство до начала разработки узла.

4.1.1 Пакет оборудования

В большинстве случаев пакет оборудования, предназначенного для очистки разбрызгиванием, разработан таким образом, что микросхема крепится на панель под острым углом к разбрызгивателю. Такое расположение можно считать идеальным при условии, что компоненты не затеняют друг друга. Наиболее высокие компоненты должны располагаться как можно дальше от разбрызгивающей насадки, а самые маленькие – ближе. С точки зрения электрики такое расположение не всегда удобно. В некоторых случаях размещение низких компонентов на большой области помогает выбрать наиболее оптимальный вариант области применения.

Пассивные компоненты как в форме кристаллов, так и в форме цилиндров со сквозным отверстием следует располагать таким образом, чтобы по горизонтали они были перпендикулярны плоскости распылителя.

Двухрядные компоненты и компоненты ИС в корпусе типа SO по горизонтали следует располагать вдоль линии распылителя. Компоненты с соединениями по всем четырем сторонам, плоский корпус в форме четырехугольника или безсвинцовый керамический кристаллодержатель, следует располагать таким образом, чтобы передний край располагался под углом 90^0 к распылителю, и никогда под углом 45^0 (в этом случае паяное соединение затрудняет процесс очистки).

4.1.2 Оборудование конвейерного типа

Чаще всего в механизмах конвейерного типа поток с очистителями распыляется перпендикулярно или почти перпендикулярно к компоновочным узлам, проходящим очистку. В этом случае мы сталкиваемся с двумя проблемами, похожими на проблемы в случае с пакетом оборудования, что создает дополнительную сложность для разработки микросхемы. Первая проблема заключается в том, что большая часть кинетической энергии жидкости, которую она приобретает благодаря насосам, в момент соприкосновения с поверхностью узлов рассеивается, не начав процесс очистки. Ослабление потока жидкости приводит к скоплению излишнего количества жидкости, особенно если конструкция микросхемы этому способствует. В этом случае важно, чтобы расположение компонентов позволило срочно удалить излишек жидкости. Если все же затопление произошло, жидкость проникает под компоненты под действием капиллярных сил и удалить ее не представляется возможным при дальнейшей очистке. Поэтому желательно, чтобы компоненты располагались отдельными рядами на расстоянии друг от друга, оставляя возможность промыть микросхему со всех сторон и слить оставшуюся жидкость. Если же это невозможно и излишнее количество жидкости все же скопилось, можно смягчить последствия, уменьшив силу потока с очищающим средством или снизить скорость конвейера.

Компоненты следует расположить по ходу движения конвейера, где это возможно, согласно правилам, описанным в п.4.1.1.

4.2 Иммерсионное оборудование

В иммерсионном оборудовании компоновочные узлы помещаются в раствор с очистителем, не требуется обязательного облегчения конструкции микросхемы.

Таблица 5-1 Общие операции

Ламинирование
Сдвиг/
Сверление
Галтовка
Безэлектронное омеднение
Очистка
Использование резистра
Разработка (фоторезистр)
Травление
Ленточный резистр
Окалина
Нанесение припоя через трафарет/
Разделение на уровни
Резка

Таблица 5-2 Дополнительные этапы для конвенционных многослойных схем

Подготовка поверхности

Таблица 5-3 Дополнительные этапы для схем с высокоплотной структурой соединителей

Метод A	Метод B	Метод C	Метод D
Медь/диэлектрик	диэлектрик	фотодиэлектрик	Медь/диэлектрик

5.2 Операции стандартного производства

5.2.1 Многослойность

5.2.1.1 Тип многослойного материала

Затруднительно проводить очистку многослойных материалов на основе бумаги ввиду их высокой абсорбции. Поэтому они обычно используются на заключительном этапе применения, когда нет таких высоких требований по чистоте. Многослойные покрытия из укрепленного стекла, в состав которых входят смолы с полиэстером, эпоксидом, полиамидом и ПТФЭ можно подвергать очистке, но, вероятно, при строгом соблюдении ряда параметров.

5.2.1.2 Неполная полимеризация

Смолы, прошедшие полную полимеризацию, проявляют высокую устойчивочть к дейтвию большинства очищающих реагентов. Тем не менее, полная полимеризация достигается редко.

Причины слабой полимеризации:
А) сушка в печи.
Б) слабое перемешивание компонентов смолы.
В) нестехиометрическая формула смолы и прочное строение системы полимеров.

Неполная полимеризация встречается в местах, где молекулы полимера вступили в реакцию с тем или иным растворителем во время очистки. Молекулы внешнего слоя, образующие поперечные связи, вступают во взаимодействие с молекулами медной или сменной пленки под действием пограничного взаимодействия, в этих местах происходит частичная полимеризация. Последовательная обработка после травления приведет к удалению большей части мономерных материалов, но поверхность может остаться слегка пористой. Эта неполная вулканизация может привести к высвобождению хлорида натрия, который является продуктом эпоксидной реакции и обычно встроен в матрикс полимера. Последующие условия влажности могут привести к передвижению хлорид ионов по многослойной поверхности. Плюс ко всему, поверхность со смолой может стать абсорбирующей и восприимчивой к захвату или удерживанию загрязняющих частиц. Неполная полимеризация, которая также характеризуется низкой передачей температуры стеклу (T_g), позволяет производить дальнейшую задержку органических загрязнителей во время производства и сборки. При условиях Б) и В) ремонт во время производственного процесса невозможен.

5.2.1.3 Абсорбирующие слои

Многослойные смолы обладают гидрофобными и водоотталкивающими свойствами. На поверхности многослойных материалов формируются монослои из длинных цепочек поверхностных молекул. Пока на концах

цепочек будут располагаться гидрофильные молекулы, прекрасное смачивание будет способствовать очищению поверхности; но устойчивость поверхностной изоляции при условиях высокой влажности будет низкой. Для повышения надежности продукции следует уклоняться от использования поверхностно-активных веществ (ПАВ). Если все же необходимо использовать ПАВ, следует ослабить прочность связи для возможности связывания с молекулами воды при промывке.

5.2.1.4 Воздействие на связующие агенты

Для обеспечения хорошего качества стекла к связыванию смолы, стекловолоконные поверхности обычно обрабатывают соответствующими связывающими агентами на базе кремневодородов. После завершения покрытия стекловолокна кремневодородными соединениями, расположенными на поверхности смол или в отверстиях листового стекла, стекловолокно становится восприимчивым к реакциям гидролиза, ускоряемым реагентами на базе хлороводорода. Эта реакция способствует прониканию воды в структуру стекловолокна, что может привести к таким дефектам, как рост нитей металлов-проводников. Эти дефекты снижают надежность печатных плат.

5.2.1.5 Загрязнители неочищенного материала

На поверхностях неочищенных материалов могут быть представлены такие загрязнители, как оксидная пленка, жирные пятна и разного рода выделения, образовавшиеся от сменных пленок, упаковки, масла с плат и других приборов.

5.2.1.6 Предотвращение загрязнения

Согласно общепринятому правилу, большинство производителей на этом этапе не проводят никаких измерений ввиду больших размеров листа, затрудняющих подходящую обработку и машинную очистку.

5.2.2 Обрезка/изготовление панелей

Заключается в обрезке листов в рабочие панели подходящих размеров, например, часто лист нарезают на четыре или шесть одинаковых частей и штампуют или сверлят в них фиксированные отверстия.

5.2.2.1 Загрязнения, образующиеся при обработке неочищенного материала

После обрезки и штамповки может остаться производственный мусор от металлических и многослойных материалов.

5.2.2.2 Подготовка поверхности

Это первая реальная возможность произвести очистку платы от загрязнений. Получив продукцию от поставщика, на медной облицовочной панели вы можете обнаружить остаточные вещества от прессовки и другие маслянистые

вещества, используемые при ламинировании. Некоторые поставщики наносят на медную поверхность специальное защитное покрытие, которое необходимо удалить перед дальнейшей обработкой.

5.2.2.3 Профилактика

На этом этапе некоторые производители не производят каких-то специальных операций по очистке, за исключением простых схем, которые сверлят после травления.

5.2.3 Сверление

Во время сверления отверстий или штамповки облицовочных медных панелей образуется производственный мусор от металлических и многослойных материалов. Дополнительным источником загрязнения могут служить остатки упаковочного материала и других инородных частиц. Лазерная обработка каждого отверстия может удалить эти остатки.

5.2.3.1 Загрязнение при сверлении

Во время сверления образуются твердые загрязняющие частицы.

5.2.3.2 Профилактика

Неполное удаление загрязняющих частиц влияет на качество протекания последующих этапов. Поэтому важно своевременно удалять загрязняющие вещества, не давая им возможности перейти на следующий уровень. Наряду с использованием органических и водных растворителей, возможно, с ультразвуком, возможна вакуумная очистка или очистка сжатым воздухом. Иногда предпочтительнее подождать окончания процесса галтовки.

5.3 Процессы очистки, специфичные для производства плат

5.3.1 Механическая очистка

Подразумевается физическая очистка наружной поверхности с помощью механических процессов, в результате которой получают свежую, очищенную снизу поверхность. Подобный способ очистки относится к абразивному методу по своей природе, с той лишь разницей, как производят очистку абразивными средствами. При любых методах абразивной очистки возникает реальный риск, связанный с проникновением частиц абразива в структуру металлической поверхности и изоляционную основу.

Что касается металлических поверхностей, основная проблема связана со снижением возможности пайки и последующим осушением. Этот процесс можно приостановить слабым травлением поверхности металла (например, обработка раствором персульфата 3µm, если эта поверхность медная) следом за энергичной промывкой и просушкой для вымывания частиц абразива с поверхности.

Существуют 4 основных способа воздействия на поверхности, не поддающиеся пайке:

1. Абразивная щетка.
2. Полировальник
3. Применение суспензии.
4. Суспензия и мягкая щетка.

Внимание: не применяйте абразивные способы очистки к поверхностям, поддающимся пайке. Луженые, оплавленные, плоские и бронированные поверхности, такие как золото, рассматриваются как поддающиеся пайке, а абразивные вещества могут оказать негативное воздействие и нарушить устойчивость изоляции.

Эта технология очистки применяется к многослойным материалам до нанесения припоя через трафарет.

5.3.1.1 Щетинные щетки

Щетинные щетки для очистки состоят из длинных горизонтальных щеток, вращающихся при соприкосновении с поверхностью платы. Щетки выполнены из жестких нейлоновых щетинок с добавлением частиц карбида кремния. Щетинки, при вращении щетки против поверхности, удаляют загрязняющие вещества и частицы самого поверхностного слоя. Подаваемая вода смачивает и охлаждает щетку, а также вымывает извлеченные загрязняющие вещества.

Самым большим достоинством механического брашинга является простота в использовании и относительно низкая стоимость по сравнению с другими методами очистки. Это наиболее эффективный и дешевый способ очистки панелей больших объемов за кратчайший срок. Это компактное и мобильное приспособление, занимающее небольшое пространство, не требующее наблюдения за ним и удаления химических веществ.

Несмотря на отмеченные преимущества, у этого метода очистки есть и недостатки. Есть опасность «протереть» металлическую поверхность, особенно в местах отверстий, где щетка оказывает максимальное давление на поверхность. При несоблюдении мер предосторожности внутренний слой отверстия окажется стертым, а диаметр отверстия не будет совпадать с фиксированной меткой. Эластичные материалы, такие как полиамиды, легко повредить или вывести из строя, так они могут намотаться на щетку.

По этим же причинам щетинные щетки не следует применять при очистке пластичных металлов (олово, олово/свинец и др.) или плат с пайкой через трафарет. Заполненную компонентами плату также не следует подвергать очистке с помощью щетинной щетки, так как можно повредить компоненты. Еще один недостаток использования щетинных щеток состоит в том, что при очистке, главным образом, плат с пайкой через трафарет, отломанные

частицы потом сложно найти, так как вращающаяся щетка может их вынести за пределы микросхемы. Они настолько маленькие, что их можно найти только при помощи микроскопа с разрешением 100x. Обычно нет проблем при изготовлении плат с расстоянием менее 0.2 мм.

Другая проблема заключается в том, что при очистке с помощью щетки и абразивных средств может запачкаться диэлектрик на проводниках, и могут возникнуть проблемы при дальнейшей обработке. Щетки, используемые для очистки протравленных схем, не должны использоваться для очистки непротравленных многослойных материалов с медной поверхностью. И, наконец, если щетка вращается под сильным давлением и выбран неподходящий напор потока жидкости, нейлоновый материал щетки окажется сильно испачканным, и щетка будет оставлять на поверхности платы невидимые частички, которые невозможно разглядеть и устранить.

5.3.1.2 Щетка-валик (щетка-валик уплощенной формы)

Щетка-валик выполнена из пористого войлочного материала с абразивным внешним слоем для зачистки поверхности. Используется в той же аппаратуре, что и щетинные щетки, с охлаждением очищаемой поверхности проблем не возникает благодаря задержанию воды в пористой структуре.

Использование щетки-валика имеет наибольшее преимущество перед другими методами очистки, так как волокна материи располагаются ближе друг к другу, это значит, что на рабочей поверхности присутствует больше абразива. Щетка состоит из сжатых дисков, что позволяет приложить большее давление к рабочей поверхности. Очищение в конечном итоге получается более равномерное по сравнению с щетинной щеткой, поэтому их иногда используют для очистки внутренних слоев.

Что касается недостатков, требуется постоянно проверять целостность материи и менять стертую на новую. Ворсинки материи легко проникают в отверстия поверхности платы и удалить их оттуда можно сильным напором воды (до 1.4 МПа). Аналогично со щетинными щетками, щетку-валик не следует использовать для очищения пластичных металлов (олова, олова/свинца, трафаретного припоя или поверхностей, обработанных органическими веществами).

5.3.1.3 Очистка суспензиями

При данном методе очистки используют пемзовую суспензию или водные растворы окиси металлов, которые выпрыскивают из насадки под напором на очищаемую поверхность для создания абразивного эффекта. Размер пемзовых частиц обычно составляет 3F или 4F. Для промывания платы надлежащим образом необходим напор 1.4 МПа.

Если сравнивать данный метод с двумя другими, описанными ранее, можно отметить главное преимущество, связанное с легкостью в управлении, благодаря:

- отсутствию необходимости в отдельном охлаждающем потоке жидкости;
- щетка не загрязняет нейлон;
- давление, оказываемое щеткой, не критическое;
- в просверленном отверстии не остаются частички материи или щетки.

Плюс ко всему, в результате мы получаем гораздо более равномерно очищенную поверхность. Это наиболее важно, когда запрашивается разрешение (0.10 мм). Суспензии оказывают не такое разрушительное воздействие на материал. Есть еще одно преимущество, связанное с проводами и пространством.

Тем не менее, есть и свои недостатки. Промывка плат достаточно проблематична, мелкие частицы пемзы можно удалить лишь напором воды, разбрызгивающейся под давлением (1.4 МПа). А суспензия, разбрызгиваемая под большим напором, может повредить целостность очень тонких материалов. При данном способе очистки образуется большое количество мусора из твердых частиц.

5.3.1.4 Очистка щетками и суспензиями

Используют те же суспензии, что и в вышеописанном методе, но только мягкие щетки из нейлона. При работе такими щетками по поверхности, частицы суспензии создают абразивный эффект.

Основные преимущества те же, что описаны в п.5.3.1.3, плюс ко всему нет необходимости в оборудовании, которое бы создавало сильный напор.

Есть проблема с промывкой, поскольку не приемлем отдельно подаваемый поток воды. Промывка водой совместно с мягкой щеткой необходима для перемешивания и удаления всех частиц.

5.3.2 Химическая очистка

В данном разделе процессы очистки можно разделить на две группы:

- очистка и травление плат химическими реагентами сильного действия;
- очистка и травление плат с помощью плазмы.

5.3.2.1 Удаление оксидной пленки с поверхности плат с помощью химических реагентов

Этот процесс можно рассматривать как подготовку поверхности и как альтернативу механической очистке, описанной ранее. Используется обычно для готовых микросхем, поскольку механическая очистка может повредить микросхему. В настоящее время используют растворы перекиси водорода, хлорида меди или персульфата аммония/калия. Оксид меди и/или другие

соединения меди растворяют на очищаемой поверхности и небольшом участке низлежащей поверхности, покрытой медью. В результате на поверхности образуется раствор с высокой реакционной способностью и возможностью к пассивации совместно с раствором 3-5% лимонной кислоты/5% серной кислоты или другим равнозначным соединением для предотвращения поверхностного окисления. В иных случаях (для внутренних слоев или до применения долговременного трафарета для пайки), образуется слабое покрытие нескольких оксидов меди (коричневое, красное или черное) благоприятствующее лучшей адгезии. В обоих случаях на заключительном этапе, чтобы не допустить появления пятен от воды и других красящих веществ, необходима промывка водой, деионизированной водой и полная сушка.

5.3.2.2 Очистка и травление поверхностей с помощью плазмы

Плазменная обработка (использование ионизированного газа для механического или химического воздействия на поверхность) – это технология сухой обработки, применяемая для изменения поверхностной энергии и/или реакционной способности очищаемой поверхности. Плазменная обработка, выполненная по всем правилам, - это единственный процесс очистки, способный справиться с очищением от органических загрязнителей на микроскопическом уровне (неэффективен при загрязнении неорганическими веществами или частицами). Используя соответствующую плазменную обработку, большинству полимерных покрытий можно придать гидрофильные или гидрофобные, кислотные или основные свойства. Для удовлетворения последующих требований могут потребоваться адгезия и/или гидрофильность. Наиболее общим примером использования плазмы при производстве плат является обработка поверхности Kapton плазмой кислорода для усиления жидкостной адгезии. Плазменная обработка улучшает гидрофильные свойства поверхности Kapton и снижает пористость поверхности.

Плазменной обработкой также можно проводить травление (воздействовать химически) полимерных покрытий для удаления следов очистки предыдущих этапов. Примером удаления полимерного загрязнения может служить удаление загрязнения с одной из сторон многослойной платы с помощь сверления сквозного отверстия. Кислородная плазма взаимодействует с полимерным углеродным соединением, замещая молекулу углерода. После фотопечати и проявки могут остаться немногочисленные остатки на участках, где не должно быть фоторезистов. В этом случае для очищения низлежащей поверхности можно воспользоваться кислородной плазмой. Это наиболее удачный способ очистки контактных площадок.

Когда разреженный газ подается импульсами высоких энергий, обычная радиочастота или энергия микроволн, столкновения электронов высоких энергий приводят к диссоциации и ионизации молекул газа. Эта

совокупность электронов, нереакционный газ, частицы нейтральных и заряженных атомов и молекул составляют плазму. Даже первоначально инертный газ благодаря наличию высоко реакционных частиц может стать реакционно способным. Например, при комнатной температуре реакция молекулярного кислорода с полимерами протекает слабо; кислородная плазма при комнатной температуре может вступить в реакцию с полимером и даже привести к его возгоранию, тогда как для молекулярного кислорода требуются гораздо более высокие температуры. (Смотрите уравнение 1).

Уравнение 1 (с.11)
Внимание: O*= ион кислорода

Таким образом, плазменную обработку часто описывают как процессы, протекающие при низких температурах, тогда как сами реакционные частицы обычно достигают температур, как правило, в несколько сотен градусов Цельсия (или достаточно близко к температуре окружающей среды).

5.3.3 Очистка водой

Данные операции обычно сопровождают процесс нивелирование припоя горячим воздухом или оплавление припоя. Поскольку загрязнители в виде жидкого припоя или флюса растворимы в воде, очистку производят водными растворами с растворимыми в воде очищающими средствами. Оборудование представляет собой автоматизированную горизонтальную конвейерную ленту, которая проходит полный цикл: промывку, ополаскивание, продув и сушку. Вещества перемешиваются в ходе разбрызгивания жидкости, но иногда используют щетки. Если предъявляются повышенные требования к очистке, проводят дополнительное ополаскивание и продув.

5.4 Способы проверки чистоты плат и рекомендуемые ограничения

В настоящее время чистоте плат уделяется гораздо большее внимание по сравнению с прошлым (так как они могут содержать производственные остатки). Причина столь возрастающего интереса заключается в расширенном применении процессов пайки с веществами с низким содержанием примесей. Эффективность этого процесса напрямую связана со степенью очистки используемых печатных плат.

В настоящее время не существует никаких нормативов IPC относительно завершающей степени очистки печатных плат. IPC-6012 содержит общие положения по ионной характеристике жестких плат без покрытий, главным образом, к применению пайки. Этот документ не является документом требований по чистоте печатных плат, используемых при пайке материалов с низким содержанием примесей. Это не совсем тот случай, показывающий практическую значимость этой темы для компоновочных узлов с низким содержанием примесей. В нашем понимании отдельные корпорации на

самом деле объединили имеющиеся стандарты по очистке входящих деталей. Эти стандарты отличаются в зависимости от компоновочных узлов, которые будут изготавливать. Это документ для тех, кто еще не знает, как производить очистку полученных деталей, предназначенных для обработки узлов с низким содержанием примесей.

Чтобы предоставить соответствующие рекомендации по чистоте печатных плат, группе испытателей IPC было поручено найти подходящий метод для определения степени загрязнения печатных плат и разработать руководство относительно запрашиваемого уровня степени очистки плат для пайки с низким содержанием примесей. Эту работу осуществляла испытательная группа по оценке чистоты печатных плат (с.5-32). Работа в этом направлении еще продолжается, читатель может ознакомиться с ее результатами после публикации IPC. Дополнительную информацию о требованиях по чистоте вы можете найти в следующем разделе (смотрите п.6.3.1).

6 Компоновочный узел

6.1 Общие положения

Компоновочные узлы на заключительном этапе не должны содержать никаких примесей, которые могут привести к преждевременному выходу из строя в рабочих условиях, вне зависимости, проводилась очистка ранее или нет. Если использовалась пайка с низким содержанием примесей, и на этапе сборки очистка не производилась, это означает, что поступающие детали должны быть заранее очищены от примесей. Другими словами, изготовленные печатные платы должны быть хорошо очищены. Это также означает, что при ручной пайке или наладочных работах загрязнения не должны встречаться.

Методы очистки выбирают в зависимости от особенностей процесса пайки и компонентов, предусмотренных для сборки компоновочного узла. Обычно, компоновочные узлы со сквозным отверстием, офлюсованные пеной и волновой пайкой легче поддаются очистке по сравнению с компоновочными узлами с мелким шагом, высокой плотностью и монтажом на поверхность. Тем не менее, относительная легкость очистки может отличаться. Если для компоновочных узлов со сквозным отверстием и волновой пайкой большая часть времени тратится на очистку от продуктов офлюсования, то компоновочные узлы с монтажом на поверхность проходят очистку сразу после сборки. Так, гораздо легче проводить очистку компонентов BGA по сравнению с компонентами с ультраузким шагом. Остатки могут растечься по компоновочному узлу во время перегрева, и удалить их будет затруднительно. Очевидно, что требования по степени очистки тем выше, чем агрессивнее офлюсование и уже расстояние между свинцом и электроникой.

На выбор очищающего средства и оборудования, помимо возможности удалить продукты офлюсования, влияет число факторов. Помимо реальной возможности очистки, принимается во внимание экономическая сторона, учитываются аспекты производственной безопасности и экологичности. Выбор очищающих средств и/или оборудования осуществляется в зависимости от местного показателя выделения в атмосферу летучих органических соединений. Нормативные положения по утилизации отработанных вод могут обуславливать выбор в пользу очищающих средств с низким содержанием БАВ. Если у рабочего нет возможности хранить и использовать огнеопасные материалы, предпочтительнее выбирать невоспламеняющиеся средства. А также, очищающее средство следует выбирать в соответствии с материалом компоновочного узла и самим оборудованием для очистки.

6.2 Остатки: природа остатков и общие представления

6.2.1 Поступающие детали

6.2.1.1 Компоненты

Остатки в виде неполярных радикалов, которые можно встретить на компонентах преимущественно при сборке, могут быть в виде крупных частиц, масла ли пленки.

Природа частиц может быть самой различной, в зависимости от условий сборки и хранения. Примером таких частиц, оставшихся после сборки, может служить мусор, представленный обломами, которые образовались при продувке после формовки детали. Наиболее распространенным материалом при образовании обломов является измельченная пластмасса. Природа крупных частиц обусловлена окружающей средой или упаковочным материалом, в котором хранится деталь. Загрязняющие вещества окружающей среды могут содержать золу, копоть, силикатную окалину. Загрязняющие вещества от упаковки обычно представлены пластиком или бумагой с редкими металлическими частицами.

Маслянистые загрязнения могут остаться после сборки или хранения детали. Компонентное масло может включать следы смазки металлических деталей. Если ручная сборка является частью сборочного процесса, могут прилагаться масло для кожи и крем для рук. Частицы, оставшиеся после формовки, также могут оставить маслянистые загрязнения на детали. Во время хранения детали также могут подвергнуться загрязнению маслянистыми материалами, содержащимися в воздухе, например, масляным туманом от компрессора, упаковочным материалом или в особо редких случаях, если что-то пролили.

Пленку обычно используют при сборке узла. В этом случае ее легко удалить простым методом очистки с помощью скребка или спиртсодержащего

средства. Формовочный материал, растекаясь по свинцовой раме детали, часто оставляет пленочный след, который сложно обнаружить и удалить.

На поступающих деталях можно обнаружить полярные радикалы, оставшиеся после сборки и транспортировки. При неполной очистке во время сборки на деталях могут остаться частицы покрытия или остатки флюса. При транспортировке остаются загрязнения полярными радикалами в виде следов от пальцев.

Еще одним источником загрязнения поступающих деталей служит атмосферная сера и сера с упаковочных материалов. Реакция серы со свинцовыми рамами может осложнить процесс пайки во время сборки.

6.2.1.1.1 Загрязнения от компонентов

Электропроводка компонентов и свинцовая рама могут быть выполнены из различных металлов и сплавов, некоторые из которых трудно поддаются пайке. Чаще всего на практике применяют покрытие электропроводки припоем горячей пайкой погружением или пайкой волной припоя, используя агрессивные флюсы. Это обеспечивает паяемость проводки перед сборкой. Остатки флюса следует сразу тщательно удалить. Тем не менее, точной гарантии дать нельзя. Рекомендуется проверять поступающие компоненты на предмет ионного загрязнения до тех пор, пока не будет установлена надежность продукции. Аналогично, плакированная проводка, не подвергнутая пайке, может содержать ионные остатки плакированных растворов. Кроме того, такие электромеханические приборы, как конденсаторы, коммутаторы, потенциометры могут быть обработаны смазкой. Если не использовать эти лубриканты, прилежащая область конформного покрытия будет обладать слабой адгезией.

6.2.1.1.2 Снижение качества компонентов

Операции по очистке после пайки выбирают в зависимости от запроса по степени очистки, типа флюсовых остатков, которые необходимо удалить и возможности их удалить очищающими средствами. Компоненты следует выбирать, учитывая процесс очистки, а не изменять сам процесс очистки в зависимости от компонентов. Определенные компоненты, такие как негерметизированное реле, можно попытаться очистить раствором, но этот раствор потом будет сложно удалить. Такие компоненты не подвергают очистке и устанавливают на плату после процесса очистки. К сожалению, не существует классификации компонентов на базе возможности их очистки.

6.2.1.1.3 Другие способы очистки компонентов

Неожиданные проблемы могут возникнуть на местах входа электропроводов в корпус компонента, в особенности, если компонент из формованного пластика. Для монтируемых компонентов важно оставлять зазор между компонентом и печатной платой для доступа очищающего растворителя. Это не всегда удается, в особенности для компонентов с монтажом на поверхность. Маловероятно, что узел с большими бескорпусными компонентами, монтируемыми на высоту менее 0.25 мм выше основания, можно эффективно очистить. Повысить эффективность процесса очистки можно с помощью ультразвука, но только в том случае, если ультразвуковая энергия не окажет разрушающего воздействия на компоненты узла.

6.2.1.2 Основание

6.2.1.2.1 Печатная плата

Источники загрязнения приведены ниже. Читатель также может обратиться к п.5.4 и 6.3.1:

- Производственный процесс
- Химикаты травления
- Водопроводная вода
- Система ополаскивания каскадного типа (грязная водопроводная вода из первого бака)
- Соли электролитической ванны
- Флюс HASL
- Расплавленная жидкость (флюс)
- Резист, подвергшийся пайке
- Пыль при прокладке проводки
- Щелочные химикаты при очистке со щеткой
- Следы от пальцев, которые остаются после манипулирования с платой
- Упаковочные материалы
- Печатная краска легенды и растворители, передаваемые от монитора
- Неэффективная конечная очистка

6.2.1.2.2 Трафареты для нанесения припоя и конформные покрытия

Применяются на заключительном этапе производственного процесса, поэтому по сравнению с многослойными материалами выглядят менее подвергнутыми воздействию агрессивными химикатами. Существует вероятность неполной полимеризации с тем же эффектом, который был описан в п. 5.2.1.2. Тем не менее, желательно испытывать все специфические трафареты и покрытия в отношении комбинаций используемых флюсов и очищающих средств. При необходимости можно производить замену одного другим.

Некоторые трафареты, подвергавшиеся УФ излучению, содержат фотоинициаторы, за счет которых может идти реакция с компонентами флюса. К примеру, полигликоль, обуславливающий частичную полимеризацию. Поэтому их сложно удалить. Проблема особенно очевидна с флюсами для нивелирования припоя горячим воздухом.

6.2.2 Загрязнители на этапе сборки

6.2.2.1 Флюсы и паста

Флюсы классифицированы в J-STD-004 в первую очередь в соответствии с их активностью и в меньшей степени в зависимости от химического состава. Классификация выглядит следующим образом:

L = низкая активность или отсутствие активности радикалов флюс/флюс
M = умеренная активность радикалов флюс/флюс
H = высокая активность радикалов флюс/флюс

Однако, с точки зрения взаимодействия, состав имеет большее влияние, чем реакционная способность. Следовательно, дальнейшее обсуждение этого вопроса пройдет под следующими заголовками:

a) Флюсы на базе канифоли.
b) Водорастворимые флюсы.
c) Синтетически активированные флюсы.
d) Флюсы с малым содержанием твердой фазы (с низким содержанием примесей).

6.2.2.1.1 Флюсы на базе канифоли

Канифоль исторически является одним из самых древних материалов, используемых в качестве флюса при пайке. Ее получают из сока сосновых деревьев. Поскольку материал в естественном виде встречается в природе, канифоль представляет собой смесь главным образом сложного эфира органической смолы и одноосновных смоляных кислот, таких как абиетиновая, неоабиетиновая, пимаровая, палюстровая. Может быть представлена в разных соотношениях в зависимости от способа приготовления и источников, даже отдельные части одного и того же источника могут отличаться.

По внешнему виду канифоль представляет собой стекловидный материал янтарного цвета. Ее нельзя отнести к настоящим твердым веществам, поскольку она не плавится, как вещества с кристаллической структурой, но с повышением температуры постепенно становится более мягкой, пока не достигнет жидкой консистенции.

Сама по себе смола обладает слабой способностью к расплавлению. Припои многих металлов могут подвергаться незначительному промоканию с образованием небольшого оксидного осадка. Для усиления реакционной способности к канифольному флюсу обычно добавляют различные химические соединения «активаторы». Активаторами могут быть неионные органические вещества, которые становятся активными только при повышенных температурах пайки, либо более активные ионные вещества, такие как амины или органические кислоты.

Канифольные флюсы часто используются в качестве «твердого» литейного стержня в проволочном припое. Он может быть включен в проволоку непосредственно в процессе производства выдавливанием. Канифоль также применяют в жидких флюсах и растворах (обычно спиртсодержащих) в качестве активатора.

Являясь основным компонентом флюса, канифоль обладает некоторыми важными свойствами:

- Сама по себе является веществом офлюсования в легкой степени.
- Радикалы канифоли не вызывают коррозию металлов.
- Является превосходным диэлектриком при обычных температурах. Оставленные радикалы канифоли на поверхности микросхемы часто увеличивают поверхностное сопротивление изоляции по сравнению с полностью очищенной печатной платой. (Смотрите Технологии Nelcordia (прежнее название Bellcores) GR-78-CORE).
- Является превосходным влагонепроницаемым герметиком для большинства коррозионных ионных галогенидов и кислот. Герметизированные ионы этих веществ эффективно закреплены и не позволяют происходить утечке по поверхности изоляции или коррозии на металлических поверхностях.
- Растворяется в большом количестве органических растворителей, включая спирты, кетоны, гликоли, эфиры, хлор-, бром-, фторсодержащие растворители и гидрокарбонаты.
- Поскольку канифоли состоят главным образом из органических кислот и сложных эфиров, их можно удалить в процессе водного омыления при образовании водорастворимого мыла в ходе химической реакции со щелочными веществами.

За исключением перечисленного, радикалы канифольного флюса обычно удаляют после пайки для усиления электрических испытаний и покрытий узлов микросхемы, для устранения лишних тягучих остатков, для удаления ионных активаторов, которые могут вызвать ухудшение электрической проводимости.

При удалении канифольных флюсов часто возникает проблема, связанная с образованием склеры и дубильных веществ вследствие воздействия чрезмерной температуры/времени в процессе пайки. В подобных случаях часть канифоли может быть преобразована при температуре пайки пиролизом или окислением до продуктов реакции, которые не так легко растворяются в слабых органических растворителях. Растворимую часть канифоли затем можно выщелачивать до образования видимого белого осадка. Этот осадок впоследствии очень сложно устранить.

Канифольные флюсы обычно содержат активаторы для удаления оксидной пленки с поверхностей металла, которые намокают во время пайки. Эти активаторы обычно представлены амин гидрогалогенидами, органическими кислотами, либо смесью этих двух составляющих. Эти вещества могут взаимодействовать при нагревании во время пайки до образования продуктов реакции, которые не так легко растворяются в растворителях или водных очищающих растворах. Это одна из причин возникновения проблемы «белого осадка».

6.2.2.1.2 Водорастворимые флюсы

Свойство водорастворимости не обязательно означает, что остатки флюсов будут растворяться в воде после нагревания. В ходе реакций образуются органо-металлические соединения или минеральные соли. Например, соли свинца плохо растворимы в воде; но если они останутся на поверхности печатной платы, то будут медленно растворяться в присутствии атмосферного диоксид углерода. Для удаления остатков солей свинца можно использовать нейтрализатор.

Водорастворимые органические флюсы, в отличие от канифольных флюсов, имеют очень небольшое сходство между собой. Основным компонентом нелетучей фракции канифольных флюсов в большинстве случаев является канифоль. Другие химические соединения, которые добавляют для усиления активности флюса, обычно представлены в незначительном количестве. Химический состав остатка, вещества и процессы необходимые для его удаления, связаны главным образом с канифолью.

Тем не менее, водорастворимые флюсы представляют группу веществ, объединенных в одну категорию, представляющую широкий спектр химических веществ. Производители флюсов получают значительное количество веществ, используемых в производстве, а также различные флюсы от распространителей. Тем не менее, общие положения относительно природы остатков водорастворимых органических флюсов являются не совсем точными.

Если указывается название, данные флюсы относят к классу водорастворимых. Водорастворимость остатков флюса после пайки не совпадает с водорастворимостью флюса до пайки. Во время пайки флюс подвергается воздействию высоких температур (обычно около 260^0C [500^0F]) волной припоя. Такие высокие температуры могут инициировать такие химические реакции, как окисление или пиролиз. В таких случаях обычно образуются продукты реакции, которые, по крайней мере, частично нерастворимы в воде. Степень вероятности таких реакций выражается функцией времени и температурой воздействия, а также спецификой химического состава флюса. Эти остатки можно легко увидеть без увеличения, но они также могут быть представлены на узлах, которые при осмотре под увеличением кажутся абсолютно чистыми. В таких случаях наличие остатков можно обнаружить испытанием на удельное сопротивление ионного экстракта или измерением сопротивления поверхностной изоляции. Данные методы описаны в п. 8.3 руководства.

6.2.2.1.3 Синтетически активированные (СА) флюсы

Основу синтетически активированных флюсов составляют синтетические вещества, химический состав которых отличается от химического состава смолы. Они были разработаны для улучшения характеристик флюсов на базе канифоли. Смола является природным материалом с характерной вариабильностью состава и свойств. СА флюсы обладают превосходными характеристиками для пайки, но остатки следует обязательно удалять. Изначально было предусмотрено удаление с помощью хлорфторуглеродного растворителя, но возможно и удаление полужидкими растворителями и другими очищающими реагентами.

Активаторы для СА флюсов по своей природе аналогичны активаторам канифольных флюсов. СА флюсы представляют собой сочетание двух или более синтетических органических соединений. Как правило, их получают, если есть потребность в активных флюсах, и удаляют полностью. Остатки СА флюсов хорошо растворяются органическими растворителями, а по отношению к воде могут быть растворимы или нет. Следует соблюдать предосторожность при выборе очищающего реагента, поскольку кислотные остатки флюса могут связывать кислотный акцептор в органических очищающих растворах (если таковые имеются в наличии) и создавать кислотную среду в оборудовании.

6.2.2.1.4 Флюсы с малым содержанием твердой фазы (с низким содержанием примесей)

Флюсы данного класса были разработаны недавно с процентным содержанием твердой или нелетучей фазы в диапазоне 2-5%. Суть заключается в том, что остатки можно не удалять с поверхности

компоновочного узла, если они не будут оказывать неблагоприятного воздействия на электрические характеристики, контроль выходов и/или просто малозаметны. Это предположение может быть неверным. Для обеспечения значительной активности, количество активаторов по отношению к канифоли может быть намного больше в некоторых флюсах с малым содержанием твердой фазы в сравнении с обычными флюсами. Обязательно следует указать, что остатки для специфического флюса не вызывают коррозию и сохраняются в рабочих условиях.

В отличие от флюсов, описанных ранее в предыдущих разделах, флюсы с малым содержанием твердой фазы составлены таким образом, чтобы после пайки оставлять минимальное количество остатков или вообще не оставлять. Они разработаны специально для того, чтобы можно было не применять очистку, активность таких флюсов должна быть предпочтительно низкой, но не выше средней, как указано в J-STD-004.

При подборе компонентов для флюсов с малым содержанием твердой фазы и обеспечении значительной активности флюса, часто большая часть приходится на активаторы. Вследствие необычного соотношения, нельзя положиться на более инертные флюсы для инкапсуляции остатков активаторов. Некоторые исследования реально показали, что сопротивление поверхностной изоляции уменьшается в зависимости от изначально взятого количества флюса, откуда следует, что лишние остатки после пайки могут вызвать проблемы с электрической проводимостью поверхностей. Поэтому важно контролировать количество применяемого флюса. Обычно надлежащая чистота печатных плат поддерживается эффективными очищающими средствами и процессами по очистке. В данном случае количество флюса контролируется непосредственно на этапе его применения. С коммерческой точки зрения доступны различные методы применения, у каждого из которых есть свои достоинства и недостатки. С точки зрения количества флюса, большей популярностью пользуется волновая пайка по сравнению с пенной пайкой, а реже всего применяется пайка распылением. Количество используемого флюса можно регулировать воздушной струей, с помощью которой можно отсекать излишки.

При выборе соответствующего флюса с малым содержанием твердой фазы следует подумать о взаимодействии веществ, контроле удельной плотности и остатках на стороне со смонтированными компонентами. Несовместимость веществ может стать причиной образования комочков и/или остатков другого типа при пайке. Удельную плотность таких флюсов чрезвычайно сложно контролировать автоматическим регулятором плотности до тех пор, пока она не достигнет значения удельной плотности растворителя. Во избежание проблем следует использовать специальный аппликатор для нанесения флюса, который удерживает флюс в закрытой емкости таким образом, чтобы растворитель не успел испариться. Следует также помнить, что остатки

флюса с малым содержанием твердой фазы на стороне со смонтированными компонентами могут быть гораздо вредоноснее остатков на монтажной стороне, возможно, вследствие не такого продолжительного нагревания. По этой причине в телекоммуникационной промышленности проводят испытание на сопротивление поверхностной изоляции (смотрите Telcordia Technologies' (прежнее название Bellcore's) GR-78-CORE), где гребенчатый элемент располагается стороной с решетками вверх для проведения испытания на сопротивление поверхностной изоляции, как рекомендуется для оценки флюсов с малым содержанием твердой фазы.

6.2.2.1.5 Паста для пайки

Согласно J-STD-005, паста для пайки представляет собой смесь из частиц припоя, флюса и растворителя. Частицы припоя обычно имеют сферическую форму и разный размер, вплоть до 150 микрон в диаметре. На поверхности частиц припоя встречаются загрязнители обычно в виде оксидов и карбонатов. 30 - 95% от массы пасты приходится на металлы (30-50% объема). Флюсы выполняют обычно на базе канифоли с разным количеством активаторов, активаторы аналогичны активаторам обычных канифольных припоев. Растворители придают смеси соответствующие реологические характеристики в зависимости от способа применения смеси. Растворители имеют соответствующий состав, обычно содержат слабые и сильные спирты (в частности, полигликоли, сложные и простые эфиры) и добавки. Если остатки не удалить, он могут ослабить сопротивление поверхностной изоляции во влажной среде. В частности, полигликоли, простые и сложные эфиры сложно удалить растворителями. Добавки также могут оставлять трудно растворимые остатки после нагревания в процессе пайки.

6.2.2.1.6 Флюсы из неорганических кислот

Флюсы неорганических кислот – это смесь неорганических кислот и сильно ионизированных неорганических солей. В их состав часто входят такие вещества, как соляная кислота, хлорид цинка и хлорид аммония. Во влажной среде при наличии остатков этих флюсов поверхность печатных плат может подвергнуться коррозии. Чрезвычайно сложно полностью удалить соли цинка водными растворителями, поскольку они образуют нерастворимые в воде соединения оксихлорида цинка. Во влажной среде может пройти реакция с образованием кислой соли, вызывающей сильную коррозию и проблемы с утечкой тока.

6.2.2.2 Припой

Все другие остатки могут быть получены непосредственно из самого припоя и в меньшей степени из химических соединений, используемых при пайке и очистке. Среди них можно выделить два типа:

6.2.2.2.1 Окалина припоя

Окалину припоя можно обнаружить в месте, где флюс еще до горячей пайки нанесен на печатную плату в недостаточном количестве. В таких местах на поверхности припоя образуется окалина, так как отсутствовало необходимое количество флюса. Наплавленные оксиды будут выглядеть как темные «пятна» или перемычки, которые могут вызвать короткое замыкание между проводниками.

6.2.2.2.2 Комочки припоя

На поверхности печатной платы могут быть оставлены малогабаритные, часто микроскопические комочки припоя с металлическим блеском. Типичная классификация и причины образования комочков припоя перечислены ниже:

Трафарет для нанесения припоя – на поверхность трафарета могут налипать комочки припоя вследствие поверхностного усилия и шероховатости поверхности самого трафарета. Их можно увидеть в месте соприкосновения расплавленного припоя (на нижней стороне) с поверхностью одной из сторон платы во время волновой пайки.

Распыление – в некоторых случаях комочки припоя можно обнаружить на противоположной слоистой поверхности вдали от пайки (верхняя сторона платы). Это возможно при наличии сквозного отверстия. Если флюс, который наложили перед нагреванием в процессе пайки, недостаточно просох или плата содержала большое количество влаги, которая проникла в слоистый материал и не была выпарена надлежащим образом, то эти остатки растворителя или водяной пар могут стать причиной распыления при помещении платы в горячую ванну для пайки. Распыление – это своего рода микроскопический взрыв, вызванный стремительным расширением водяного пара или пара растворителя. Таким образом припой попадает на плату через отверстие, оставляя на ее верхней стороне небольшие выплывы в виде комочков. Особенно проблематично, если вода из флюса не была тщательно выпарена до нанесения припоя на плату.

Для предотвращения образования комочков следует надлежащим образом выполнить ряд процедур, используя пасту наряду с минимальным поверхностным загрязнением оксидной пленкой и флюсы для эффективного удаления загрязнителей. (Более подробное описание можете найти в J-STD-004).

6.2.2.3 Масло, используемое при пайке

При пайке часто используют масло, которое помогает свести к минимуму налипание на металлическую поверхность во время замыкания пространства

каплей, перегородками, натеканием. Эти вещества моно использовать различными способами. Самой простой способ применения – капнуть на участок припоя, чтобы ограничить его контакт с воздухом, тем самым снизить вероятность образования окалин. В некоторых приборах масло вводят в струю припоя (при волновой пайке), где оно также защищает струю от образования оксидной пленки в месте контакта с печатной платой.

ВНИМАНИЕ: ВОЛНОВАЯ ПАЙКА НА БАЗЕ МАСЛА СЧИТАЕТСЯ УСТАРЕВШЕЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

При пайке с использованием масла в качестве ингибитора образования окалины или вспомогательной жидкой среды важно сохранять постоянную температуру нагрева. Если масло используют в качестве защитного покрытия паяльной ванны, время нагрева увеличивается, и удалить остатки становится сложнее.

Масло, оседающее на паяльной ванне, темнеет при реакциях окисления и полимеризации. С течением времени (от 2 до 12 часов в зависимости от масла) на или под масляной пленкой появляются маленькие шарики припоя, что указывает на то, что пора сменить масло.

Масло, вводимое на или в струю припоя, не представляет проблем при очистке, если использовалось масло из паяльной ванны, претерпевшее распад. При длительном нагреве припоя флюс и масло трудно удаляются со стенок ванны. Следует уделять внимание выбору качественного масла.

При введении масла в струю припоя остатки масла следует сразу удалять с поверхности узла печатной платы при непродолжительном воздействии высокой температурой.

Изначально существуют два класса масел, используемых при пайке: водорастворимые масла и масла, растворимые в растворителях (не растворимые в воде). Выбор масла зависит от вида флюса и процесса очистки. Если при водной очистке применяют водорастворимые флюсы, то выбирают водорастворимые вещества. Если при очистке водным омыляющим реагентом используют канифольный флюс, целесообразно будет использовать водорастворимое масло. Если при очистке горячим паром или холодным растворителем используют канифольные или синтетически активированные флюсы, тогда следует выбирать растворимое в растворителе масло.

6.2.2.3.1 Масла, растворимые в воде

Данные масла обычно представлены полигликолями, ПАВ при высоких температурах, такими как этоксилированные производные октилфенолов и

нонилфенолов. Они полностью растворяются в воде и легко удаляются струей горячей воды при очистке сразу после пайки.

Проблема, которая может возникнуть с водорастворимыми маслами – это отрицательное воздействие некоторых из этих веществ на электрические характеристики сопротивления поверхностной изоляции. Это относится не ко всем маслам, растворимым в воде, некоторые вещества могут вступать в реакцию с поверхностными полимерами и оставаться на поверхности даже после нескольких процедур водной очистки. Эти вещества также обладают свойством абсорбировать влагу из влажного воздуха (гигроскопичность), что в итоге приводит к понижению сопротивления поверхностной изоляции в несколько раз.

6.2.2.3.2 Масла, растворимые в растворителях

К этой группе относят натуральные масла с добавками-ингибиторами для ослабления окислительных процессов и процессов распада при высоких температурах. По отношению к сопротивлению поверхностной изоляции, масло данного типа безопаснее использовать до тех пор, пока его остатки в условиях конечного использования проявляют устойчивость к воде.

6.2.2.4 Другие остатки

6.2.2.4.1 Загрязнения в результате манипуляций с платами, производимых вручную

В идеале, на протяжении всего производственного процесса следует избегать каких бы то ни было манипуляций с печатными платами и компонентами вручную. К сожалению, на практике такое невозможно. Единственное, что можно сделать – свести к минимуму количество манипуляций с платами, производимых вручную, которые служат источником дополнительного загрязнения и своевременно производить процедуру очистки. Отпечатки пальцев могут остаться на плате во время транспортировки, получении, технологического процесса, при осмотре и ручной сборке. Загрязнения такого рода, возможно, сложнее всего обнаружить. При тактильном контакте с прибором на его поверхности могут остаться вещества широко спектра, включая:

а) жиры от отпечатков пальцев;
б) соли (в результате потоотделения);
в) грязные частицы и пыль разного рода;
г) пищевые частицы;
д) ороговевшие клетки эпидермального слоя кожи;
е) крема и косметика;
ж) частицы материала и мусора от перчаток.

Среди данных загрязнителей могут быть растворимые и нерастворимые в воде и растворителях. Поэтому такие загрязнения представляют наибольшую трудность для очистки.

Самым коварным и сложным источником загрязнения являются отпечатки пальцев. Помимо жиров, солей и кислотных продуктов жизнедеятельности они содержат частицы мыла, крема для рук и предметов, с которыми был контакт до этого. Поскольку такое загрязнение представляет совокупность загрязнителей разного рода, невозможно подобрать универсальный способ очистки для полного удаления всех остатков. Персонал должен обладать навыками обращения с платами и брать их только за края. Потенциальное повреждение зависит от места, в котором остаются отпечатки пальцев. На участках с медным покрытием и многослойных поверхностях между пересечениями с медным покрытием, оставленные отпечатки снижают сопротивление поверхностной изоляции. Отпечатки, оставленные на корпусе компонента, могут быть не так опасны, но их накопление может привести к повышению ионного загрязнения, которое можно обнаружить при проведении испытания удельного сопротивления экстрактом селективной сольвентной очистки. (Смотрите IPC-TM-650, Метод 2.3.25, Обнаружение и измерение ионизируемого поверхностного загрязнения).

Перчатки решают проблему с отпечатками пальцев, но они также являются источником загрязнения. Резиновые перчатки могут содержать пластификатор, порошок талька, пыль и смазку. Текстильные перчатки могут оставлять волокна. Если перчатки использовались ранее для других целей, то они могут быть загрязнены.

В местах технологического процесса, хранения и осмотра следует запретить прием пищи, напитков и курение.

6.2.2.4.2 Маркировка

Обнаруженные во время осмотра дефекты подлежат обязательной маркировке съемными наклейками. Карандашные метки или войлочные пишущие узлы оставляют нежелательные остатки.

6.2.2.4.3 Рабочее место и требуемые условия хранения

В идеале, компоненты, многослойные материалы и детали, находящиеся в производстве, следует хранить в чистом помещении с контролируемой температурой и уровнем влажности. К сожалению, невозможно полностью соблюсти это условие, и материалы накапливают различные загрязнители, содержащиеся в воздухе. Компоненты можно хранить в исходном контейнере, если есть такая возможность, при условии, что контейнер сам по себе не является источником загрязнения.

Следует избегать хранения в открытых контейнерах. При отсутствии контроля уровня влажности, в закрытых контейнерах следует разместить подходящие высушивающие средства для предотвращения конденсации внутри контейнера. Настил должен быть чистым и загерметизированным соответствующим покрытием, таким как эпоксидная краска. По возможности следует избегать пластиковых фитингов, полок и др. В первую очередь это относится к контейнерам для хранения из поливинил хлорида.

6.2.2.4.4 Упаковка компонента как источник загрязнения

Использование автоматического транспортировочного оборудования предполагает доставку катушек, поддонов и тюбиков в запакованном в пленку виде. Важно определить, все ли упакованные компоненты очищены и не возникнет ли проблем с очисткой из-за липких остатков пленки. Проблему можно решить, проведя испытание по извлечению пробного образца из катушки. Если компоненты не удается эффективно очистить на катушке, вся ответственность за очистку возлагается на поставщика. Последний пункт можно определить только опытным путем. Если остатки пленки вызывают проблемы с очисткой, липкое соединение на пленке следует заменить. Следует выполнять предостережения для предотвращения проблем с электростатическим разрядом.

6.2.2.4.5 Материалы, задерживающие припой/трафареты для нанесения пропоя/резисты/пленки временного действия

Материалы, задерживающие припой, так называемые «ограничители припоя», используются для предотвращения заполнения сквозных металлизированных отверстий припоем. Они также участвуют в установлении компонентов, которые нельзя промыть водой и которые устанавливают вторичной операцией. На сегодняшний день на рынке имеются несколько подобных материалов.

В некоторых случаях специалисты, осуществляющие сборку, сталкиваются с ситуацией, когда нежелательно защищать металлизацию от процесса пайки. В коммерческом отношении вполне доступны временные резисты, трафареты и пленки для пайки, которые успешно справляются с этой задачей. Эти материалы можно подразделить на моющиеся и легкоотслаивающиеся.

Моющиеся материалы могут быть растворимые в воде или растворителе. Водорастворимые материалы состоят из различных смесей смолы, сильных спиртов, загустителей и полимеров. Материалы, растворимые в растворителе, можно сравнить с материалами на основе воска. Растворимые в воде или растворителях трафареты требуют усиленного контроля и установления оборудования для очистки при накоплении остатков трафарета.

Водорастворимые трафареты и прокладки могут служить причиной изменения цикла по очистке, к примеру, увеличивать время промывки во избежание попадания частиц трафарета в промывной раствор. Принципиальное преимущество состоит в том, что очистка после пайки может использоваться для удаления остатков. Необходимо следовать рекомендациям поставщиков резистов.

Легкоотслаиваемые резисты обычно применяются в качестве пленки или жидкости (которая впоследствии застывает) для последующего удаления вручную после обработки. Во время удаления пленки может возникнуть недопустимый электростатический заряд. В таких случаях следует использовать предохранитель от электростатических разрядов. Используемая пленка может быть выполнена из склеивающего или латексного материала. Склеивающая пленка может оставлять загрязнения после пайки. Для электронных микросхем не следует использовать латексные пленки на базе силиконовых полимеров, поскольку их остатки очень сложно удаляются. Лучше использовать латекс на базе аммония, но после изнашивания соединения на базе аммония оставляют ионное загрязнение, которое требует промывки водой для очистки. Резисты из легкоотслаиваемых материалов оставляют после себя повышенный уровень хлоридов и сульфатов, которые могут быть источником утечки тока и коррозии.

Эти остатки можно исследовать с помощью ионного хроматографического анализа и скрининг-теста экологического стресса, которые подвергают данную область условиям повышенной влажности и исходному рабочему напряжению смещения. Типичное число материала размещено поперек гребенчатого элемента испытательной платы IPC-B-24. Материал застывает; подвергается волновой пайке и удаляется. А остатки (видимые), покрывающие гребенчатый элемент, изучаются на предмет сопротивления поверхностной изоляции.

При применении любого резиста специалист должен удостовериться, что материал тщательно удален. Последующая способность подвергаться пайке, адгезия конформного покрытия или характеристики компоновочного узла могут ухудшиться, если остатки будут удалены некачественно.

6.2.2.4.6 Масляная и консистентная смазки

Смазка сборочной установки может оставить грязные следы на продукции. В этом может состоять проблема, поскольку смазку сложно удалить. Наилучший способ избежать данную проблему – умелое обращение с продукцией и установкой.

Масляные смазки обычно содержат минеральные масла, которые обладают гидрофобными свойствами и склонны к образованию прочных пленок на

поверхности, которые впоследствии очень сложно удалить целиком. Они растворяются в неполярных растворителях в результате эмульгирования и омыления, но в воде без очищающего средства не растворяются. Источниками загрязнения могут стать грязный сжатый воздух, капли от машинного оборудования, отпечатки пальцев, компоненты непосредственно после смазки. На ранних этапах производства плат масляная смазка может замедлять процессы плакирования, травления и похожие процессы на базе водных растворов. Остатки, оставленные после сборки, могут стать причиной слабой адгезии конформных покрытий. Продукция на базе силикона также очень сложно удаляется, поэтому следует стараться не оставлять таких остатков.

Термические консистентные смазки обладают аналогичными свойствами и являются причиной аналогичных проблем.

Применение воска связано с теми же проблемами. Воски труднее всех остальных средств удаляются водными растворами без очищающих средств. Относительно эффективно с этой проблемой помогут справиться некоторые растворители.

6.2.2.4.7 Адгезивы

При сборке для указания дефектов и последующего места ремонта часто используют маркерные ленты. Следует осуществлять контроль за тем, чтобы маркеры убирали вовремя и надлежащим образом, не оставляя клейкого вещества на поверхности. Частицы флюса и других загрязнителей могут оседать на излишках клейкого вещества в местах присоединения компонентов.

Необходимо проверять, как адгезивы влияют на электические характеристики и активную цепь. Следует проводить испытания на сопротивление поверхностной изоляции (IPC-TM-650, п.2.6.3.3) для оценки состояния участков с избыточным количеством адгезива и непосредственного контакта с остатками. Эти процедуры помогают определить необходимый масштаб мероприятий по очистке в конкретных местах.

6.2.2.5 Параметры способа проведения пайки

Основными параметрами пайки, влияющими на процесс очистки, являются: температура, время и характер взаимодействия химреагентов с веществами и флюсами компонентов, участвующих в пайке. Это в большей степени будет определять природу загрязнений, подлежащих удалению, состояние поверхности, на которой они находятся и, как следствие, выбор процедуры очистки.

6.2.2.5.1 Волновая пайка

При выборе веществ для пайки компоновочного узла в первую очередь следует учесть, чтобы паяные соединения получились соответствующего качества, без дефектов.

Во вторую очередь следует подумать о соответствующем способе очистки, которая бы эффективно удаляла остатки флюса, за исключением случаев, когда остатки не вызывают коррозии и нет необходимости в их удалении. Если флюс недостаточно высушен и не обладает совместимостью с другими веществами, участвующими в процессе, например, маслом, используемым при волновой пайке, то оптимальные рабочие характеристики флюса обеспечены не будут. Если используется пенное флюсование, важно не допустить загрязнения маслом и водой при подаче сжатого воздуха. При пайке с использованием канифольного флюса на базе спиртов, вода может частично гидролизовать смолу с образованием трудноудалимых остатков. По этой причине сжатый воздух, используемый при пенном офлюсовании, должен быть сухим, к примеру, водяной пар 5 промилей. После чего флюс следует подогреть до полного высыхания. При этом очень важно не перегреть флюс, иначе образуются трудноудалимые остатки.

Сразу после пайки следует произвести очистку компоновочных узлов, главным образом, используя еще более активные флюсы. При двухфазной волновой пайке: пайка – обрезка – пайка, первый флюс подвергается дополнительному разрушению. Лучше всего после первой пайки произвести очистку, а затем опять пайку.

Внимание: масло, используемое при волновой пайке, может дать реакцию с флюсом, компонентами и основанием. Некоторые из веществ являются полимерами и достаточно трудно удаляются. Очевидно, что при проведении водной очистки, масло должно растворяться в воде. При нагревании химическая реакция с маслом протекает быстрее, но масло становится менее растворимым. Масло стимулирует пенообразование в очищающих средствах.

6.2.2.5.2 Нанесение припоя погружением

Такой способ нанесения припоя к компоновочным узлам, таким как соединительная плата, применялся наряду с дополнительным припоем в области контактов. Использовались различные жидкости, такие как арахисовое масло и стабилизированный триэтиленгликоль в соединениях с безводными и растворимыми в воде флюсами. Основная проблема связана с тем, что в нагретом состоянии жидкости диссоциируют с образованием углеродных и слаборастворимых полимеров. Жидкость необходимо удалять до начала распада соединений во избежание проблем с очисткой.

6.2.2.5.3 Нанесение припоя парофазным способом

При парофазном нанесении припоя могут использоваться две жидкости. Процесс был разработан на базе использования двух жидкостей в в серийном оборудовании. Но в современной системе поточной обработки обычно используют только одну жидкость. Какая бы система ни использовалась, максимальная температура компоновочных узлов на парофазном этапе зависит главным образом от жидкости. Допустимые температуры для большинства жидкостей лежат в диапазоне 218 -319^{0}С (для некоторых продуктов на стадии разработки).

Все используемые чаще всего жидкости можно отнести к перфторуглеродам, где основание (амин, циклическое соединение или эфир) определяет основные характеристики, такие как прочность соединения, растворимость химических веществ пасты припоя и экономику общего процесса. Жидкость обычно выбирают, исходя из расплавления сплава припоя при пайке.

Что касается диапазона температур, для обычного сплава оловянно-свинцового припоя подходят низкие температуры при стандартной процедуре присоединения. Верхний предел диапазона температур допускает использование сплавов с высоким содержанием свинца, который используют при пайке контактов на матрицу штырьковых выводов на корпусе. Сталкиваясь с проблемой наплавления особенного сплава, пользователь может легко ее решить, смешивая две основные жидкости и выбирая парофазную систему со стабильной точкой кипения. Повышенные температуры сокращают время воздействия, что может являться большим преимуществом для некоторых паяльных паст.

Сам пар должен быть инертным и не содержать загрязнители, которые позднее следует удалять. Растворенные в воде химические соединения пасты оказываются в паровой фазе во время кипения при высокой температуре, а затем оседают на поверхность. Такого рода остатки очень сложно удалить. Отсюда желательно, чтобы химические соединения (обычно, смола) пасты припоя обладали минимальной растворимостью в большинстве жидкостей. Это продлит срок службы жидкости, будет препятствовать росту точки кипения и упростит процедуру очистки.

CFC-113 - это фторированное вещество с низкой точкой кипения, изначально выступало в роли второй паровой подушкой, которое образует поверх дорогостоящей основной жидкости так называемое покрытие, относительно низкой стоимости. Постоянное воздействие высокой температуры точки кипения основной жидкости на поверхности раздела двух жидкостей вызывает термическое разложение второй жидкости на границе раздела с образованием паров хлороводородной и фтороводородой кислот. Эти коррозийные пары часто повреждают паяльное оборудование на протяжении длительного времени. С теоретической точки зрения пары могут

абсорбироваться в остатках флюса, снижая тем самым надежность продукции, что причиняет все же меньший ущерб по сравнению с порчей паяльного оборудования. Перфторуглерод с низкой точкой кипения заменяет CFC-113. Этот поверхностный слой второго поколения обладает большей стабильностью по сравнению с CFC-113 и позволяет продлить время воздействия высокой температурой точки кипения основной жидкости в фазе парообразования.

С развитием технологий поверхностного монтажа большинство пользователей преобразовали производственные механизмы с целью повышения производительности, которые ранее были предусмотрены для использования только одной жидкости. Удаление флюса после парофазной пайки должно гарантировать полное удаление всех остатков паяльной пасты. Системы растворителей должны иметь биполярный состав либо иметь состав жидкого очищающего средства. Выбор системы для удаления следов припоя зависит от состава паяльной пасты, совместимости с другими процессами и расположением/расстоянием между компонентами.

6.2.2.5.4 Конвекция и нанесение припоя с помощью инфракрасного излучения

На сегодняшний день в промышленности, где используется монтаж на поверхность, самым распространенным способом нанесения припоя является вынужденная конвекция. При вынужденной конвекции происходит более равномерное нагревание по сравнению с тепловым излучением. Влияние затемнения и неравномерного распределения тепловых масс снижены. Вследствие более равномерного нагревания требуется меньше времени для достижения необходимых температурных условий, а длинная температурная кривая и время пребывания в печи не дольше необходимого для успешного нанесения припоя. Уменьшение времени воздействия повышенных температур обычно приводят к образованию остатков, которые легко удаляются (меньше реакций распада и полимеризации остатков).

6.2.2.5.5 Ремонт с помощью нанесения припоя горячим воздухом

При ремонтных работах следует быть очень внимательным и стараться избегать чрезмерного нагрева и применения лишнего количества флюса. Перегрев может привести к обугливанию флюса и образованию трудноудалимых остатков. Для обеспечения высокой надежности продукции необходимо следить затем, чтобы жидкие флюсы были полностью активированы и улетучивались с поверхности.

6.2.2.6 Загрязнения, вызванные состоянием окружающей среды

В окружении человеческой жизнедеятельности всегда присутствуют загрязняющие вещества. В местах хранения продукции следует уменьшить концентрацию загрязняющих веществ насколько это возможно, создавая заграждения, систему фильтрации, соответствующую аэрацию и проводя периодические процедуры по очистке стеллажей, покрытий и т.д.

6.3 Отдельные процессы, остатки и положения по очистке

6.3.1 Процессы, предшествующие пайке

В этом разделе описываются требования по степени очистки, предъявляемые к деталям (например, печатным платам, компонентам) на этапе сборки. Все внимание сосредоточено на пайке с низким содержанием примесей и пайке без очистки. (На рис. 6-1 представлена блок-схема). В классических операциях по пайке с низким содержанием остатков не предусмотрена очистка после сборки. Следовательно, эффективность этих операций зависит от степени очистки поставляемых деталей. Для процессов сборки, где на заключительных этапах проводят очистку, это не так существенно.

На сегодняшний день широко обсуждается вопрос о том, какие инструменты использовать лучше всего для определения уровня загрязнения на готовой печатной плате (например, при получении специалистом по сборке поступающих материалов). Как указано ниже, изучением этого вопроса занимается испытательная группа по оцениванию степени очистки печатных плат IPC, с.5-32. Поскольку в общих чертах уже было определено, что конкретные ионные остатки (например, хлорид ионы) представляют наибольшие затруднения по сравнению с остальными. Общий анализ удельной электропроводности при ионном загрязнении показал, что стандарт ограничен значениями базовой линии по уровням загрязнения. Наиболее эффективным считается проводить измерения ионной проводимости и сопротивления поверхностной изоляции для определения уровня загрязнения отдельными потенциально самыми опасными остатками, особенно по отношению к процессам с низким содержанием остатков. Проведя один раз исследование уровня загрязнения остатками на определенном этапе производственного процесса, в дальнейшем можно использовать менее сложные и дорогие инструменты для проведения анализа (например, общей ионной проводимости) при оценивании ежедневных процессов.

6.3.1.1 Типичные остатки

6.3.1.1.1 Компоненты

Тема типичных остатков на компонентах уже обсуждалась в п.6.2, «Остатки: природа остатков и общие представления», конкретнее в п. 6.2.1.1, «Компоненты» данного документа.

6.3.1.1.2 Печатные платы

Тема типичных остатков на печатных платах уже обсуждалась в п. 6.2 «Остатки: природа остатков и общие представления», особенно в п. 6.2.1.2.1 «Печатные платы» данного документа.

6.3.1.2 Положения по очистке

Максимально приемлемый уровень загрязнения печатных плат в настоящее время еще не принят ни в одних из всемирно одобренных технических требований и стандартах. Перед исследовательской группой IPC была поставлена задача впервые отыскать подходящий метод проведения испытания и разработать руководство в соответствии с запрашиваемым уровнем степени очистки печатных плат. Исследовательская группа на данный момент продолжает работать над этой задачей. Читателю следует обратиться к документации по данной тематике, которая будет опубликована позже. Тем временем, (например, для скорейшего завершения работы исследовательской группы) дальнейшая информация может помочь в поиске решения при пайке с низким содержанием остатков. Дополнительную информацию по степени очистки печатных плат вы можете найти в соответствующем разделе, посвященному производству (например, 5.2) данного руководства.

Наиболее часто встречающиеся загрязнители, вызывающие коррозию: хлориды, бромиды, сульфаты, метановая сульфокислота (соль электролитической ванны).

Хлориды – это одни из тех веществ, которые причиняют наибольший ущерб компоновочным узлам печатных плат. Источники хлоридов могут быть самые различные, но чаще всего встречаются в остатках флюсов. Хлориды могут стать причиной сбоя электрохимических процессов, таких как миграция металлов, электролитическая коррозия в соединениях с водой при наличии электрического заряда. Допустимое количество хлоридов на компоновочном узле зависит от химического состава используемого флюса. При применении канифольных флюсов (RA, RMA) допускается количество хлоридов на порядок выше благодаря природной герметичности смолы. Основу водорастворимых флюсов и неочищенных флюсов чаще всего составляют канифоли или канифоли с очень низким содержанием смолы, поэтому они лишены подобной герметизирующей защиты. Следовательно, допустимая концентрация хлоридов на заключительном этапе сборки должна быть низкой.

Затруднительно дать оценку допустимого количества хлоридов на печатных платах. Если на этапе сборки печатных плат предусмотрена процедура

очистки, допустимое количество хлоридов может быть на порядок выше. Если на этапе сборки очистка не предусмотрена, допустимое количество хлоридов должно быть гораздо ниже.
C.20 Рисунок 6-1 Блок-схема вариантов очистки перед пайкой

Бромиды чаще всего присутствуют в бромидных ингибиторах, которые добавляют к многослойным материалам из эпоксидного стекла для придания огнеупорных свойств. Бромиды также содержатся в масках для нанесения припоя, чернилах маркера и флюсах с бромидными активаторами. Бромиды, содержащиеся в ингибиторах, не снижают долгосрочную надежность электронных компоновочных узлов. Бромиды, содержащиеся в остатках флюса, обладают корродирующими свойствами, как и все галогениды. Количество бромидов колеблется в зависимости от пористости многослойного материала или маски для припоя, степени затвердевания относительно этих материалов и продолжительности нагревания при пайке.

Сульфаты в достаточном количестве также могут нанести ущерб электронным узлам. Источники сульфатов могут быть самые различные: серосодержащая бумага или пластик, реакции с кислотами в производственном процессе, водопроводная вода при ополаскивании/очистке.

Метановая сульфокислота является сильным химическим соединением и используется во многих процессах плакирования. Если ее полностью ни нейтрализовать или не удалить, она проявляет сильные электроактивные свойства и вызывает коррозию.

6.3.2 Очистка после оплавления
На рис. 6-2 представлена блок-схема очистки после оплавления.

6.3.2.1 Типичные остатки
При перегреве компоновочных узлов во время оплавления в ходе реакций окисления и полимеризации образуются остатки флюса. Если специалист по пайке использует одну и ту же технику оплавления для компоновочных узлов, значительно отличающихся по размеру, эти остатки легко образуются. В попытках сохранения темпов производства, настройку осуществляют под компоновочные узлы больших размеров для обеспечения соответствующего нагрева для оплавления, а перенастройку под компоновочные узлы меньших размеров не осуществляют. Перегрев меньших по размеру плат происходит вследствие их меньшей массы. Это приводит к разрушению остаточного флюса и образованию остатков, которые сложно удалить. Они могут быть источником «белых остатков», которые причиняют определенный ущерб.

Водорастворимые флюсы в особенности склонны к разрушению при перегреве.

Состав паяльных паст намного сложнее по сравнению с отдельными флюсами и пайкапи, используемыми при обычной волновой пайке. Компоненты добавляются для регулирования вязкости, устойчивости, срока хранения, времени клейкости, адгезии и т.д. Эти добавки могут оставаться на узле после оплавления и дополнять число возможных остатков.

Долгое время считалось, что при использовании паяльных паст остатки формируются в виде комочков. Очевидно, что при наличии этапа очистки при оплавлении, комочков припоя образуется гораздо меньше.

6.3.2.2 Положения по очистке

6.3.2.2.1 Компоновочные узлы с монтажом на поверхность
В сборке компонентов с монтажом на поверхность наблюдается возрастающая тенденция ограничивать пространство. Высота зазоров, шаги выводов и расстояние между линиями трасс были уменьшены в размере. Плюс ко всему, компоненты стали размещать ближе друг к другу.

С.21 Рис. 6-2 Блок-схема очистки после оплавления

Несмотря на возрастающие трудности по очистке, современное оборудование для очистки и чистящие реагенты продолжают соответствовать темпам развития технологий. Для обеспечения возможности производить очистку на должном уровне таких ограниченных пространств, важно регулярно проводить наблюдение за очистным оборудованием.

Появление компонентов корпуса BGA принесло огромную пользу не только в области межсоединений, но и в плане очистки. Достаточная высота зазоров и большой шаг между смежными соединениями комочков припоя облегчают процесс очистки стандартного BGA. Могут возникнуть любые затруднения, связанные с очисткой, промывкой и сушкой. С сушкой могут возникнуть большие проблемы по сравнению с очисткой.

Часто возникает вопрос, связанный с удалением остатков пасты, используемой при пайке без очистки, после сборки. Есть заказчики, которые не хотели бы видеть какие бы то ни было остатки на компоновочных узлах, независимо от используемой пасты. Есть предприятия-субподрядчики, которые производят очистку узлов с низким содержанием остатков. Успех в этом деле зависит от особенностей используемой пасты и реагентов.

6.3.2.2.2 Очистка через трафарет
Очистка через трафарет занимает очень важное место в технологии монтажа на поверхность. Детали с мелким и очень мелким шагом совместно с остальными усовершенствованными корпусами привнесли новые требования в технологию очистки через трафарет. Критической проблемой для мелких, очень мелких компонентов и компонентов BGA является выбор объема пасты. Излишнее количество припоя является основной причиной возникновения дефектов вследствие трафаретной распечатки. Ключевым фактором нанесения достаточного количества пасты является чистый трафарет. Было подсчитано, что приблизительно 70% дефектов технологии поверхностного монтажа приходятся на проблемы с печатанием из-за паяльной пасты.

Современные реагенты, используемые при очистке через трафарет, должны обладать достаточной эффективностью, быть безопасными для человека и окружающей среды. Изначально при очистке через трафарет использовали 2-пропанол, но он представляет опасность для человека (пожароопасное средство) и окружающей среды. На сегодняшний день имеется широкий спектр средств для очистки через трафарет.

Следует уходить от традиционных способов очистки трафаретов протиранием их вручную. Здоровьесберегающий подход, современные требования по экономии времени и улучшению эффективности наряду с повышенным риском вызвать дефект тонкого трафарета привели к автоматизации процесса очистки через трафарет с использованием специального оборудования.

Остатки, встречающиеся на трафарете, чаще всего представлены паяльной пастой в высохшем состоянии (например, паста, не участвующая в оплавлении). Также часто возникает необходимость в удалении невулканизированных адгезивов, которые используют при поверхностном монтаже на днище.

6.3.3 Очистка, производимая после волновой пайки
На рис. 6-3 представлена блок-схема процесса очистки после волновой пайки.

Внимание: омыление используют только для удаления остатков канифольного флюса. Остатки синтетически активированных флюсов можно удалить как в ходе реакций полуводных жидкостей, включая полуводные эмульсии, так и в ходе реакций с растворителем без стабилизирующих

добавок. Остатки синтетически активированных флюсов высокой активности быстро истощают количество стабилизирующих добавок.

6.3.3.1 Типичные остатки

Остатки флюса – это обобщенное понятие, охватывает смесь летучих соединений реакционного и нереакционного флюса и конденсированного флюса. Остатки флюса, получающиеся в результате реакций окисления или полимеризации, образуются при перегреве компоновочного узла предварительно перед нагревом и пайкой. Такое может легко произойти, когда используют одну и ту же технику нагрева для компоновочных узлов разных размеров, разной плотности или разных типов печатных плат в целях сохранения объемов производства и не перенастраивают параметры пайки. Часто необходимо перенастраивать параметры пайки для обеспечения должного нагрева платы при пайке плотно заполненного многослойного компоновочного узла, но в результате платы меньших размеров могут подвергнуться перегреву ввиду их меньшей массы.

Если между пайками многослойных, двусторонних и односторонних печатных плат не перенастраивать параметры, то глубина воздействия волны будет различной, и, в результате, платы меньшей толщины будут испытывать нагрев выше температурного оптимума. В результате чего остаток флюса начнет разрушаться, и удалить его с поверхности будет очень сложно. Эти процессы могут являться источником образования «белых остатков». Канифольные и водорастворимые флюсы в большей степени склонны к разрушению в результате перегрева, в то время как синтетически активированные флюсы проявляют большую толерантность по отношению к перегреву.

С возрастанием требований по пайке на предмет отсутствия дефектов сами флюсы с годами усложняются. Часто прибегают к использованию сложных химических процессов для обеспечения соответствия стандартам флюсового производства. Получается, что флюсы с более сложным химическим составом образуют остатки, труднее всего поддающиеся удалению. Синтетически активированные флюсы в месте смолы содержат соединения, которые легко связываются с водой, в то время как активаторы представляют собой длинную цепочку типичных активаторов канифольных флюсов. Основание синтетически активированных флюсов и активаторы выбирали из соображений максимальной активности и легкости растворения в растворителях. Плюс ко всему, эти остатки разрушаются только при очень высокой температуре, не оставляя «белых остатков».

С. 22 Рис. 6-3 Блок-схема процесса очистки после волновой пайки.

Канифольные флюсы можно протестировать методом термического анализа, если присутствуют продукты реакции образования «белых остатков». Можно предотвратить образование этих белых остатков, если не использовать флюс со следами этих остатков. Некоторые поставщики предварительно очищают канифоли от этих остатков, чтобы на финальной стадии получить канифольный флюс высокого качества, который не будет оставлять «белых остатков».

«Белые остатки» очень сложно распознать при осмотре, поскольку они заметны лишь на самом низком уровне. Для большинства аналитических методов для проведения испытания необходимо наличие большого количества остатков, которое сложно получить.

Кроме того, основное вещество (смола или синтетический продукт), активаторы, некоторые ПАВы и антиоксиданты, а также флюсы содержат летучие растворимые соединения. В зависимости от метода нанесения флюса (волновым методом, пеной или распылением) изготовление флюса может потребовать включение пенообразующих веществ. Таким образом, специалисту необходимо определить, каким методом лучше всего наносить флюс при волновой пайке, чтобы на поверхности оставалось наименьшее количество остатков. Только после этого выбирают химические реагенты, с помощью которых будут удалять эти остатки.

Несмотря на то, что образование остатков долгое время связывали с использованием флюса для пайки, остатки имеют структуру комочков припоя. Очевидно, что остатков образуется гораздо меньше, если после пайки производить очистку.

Некогда очень популярный способ сокращения дефектов при пайке добавлением масла в волну припоя едва не исчез. После такой процедуры обнаружить остатки после волновой пайки достаточно сложно. Тем не менее, присутствие масла замедляет процессы кристаллизации и затвердевания остатков, облегчая процедуру их удаления очищающими реагентами.

Типичные остатки после волновой пайки включают ионные и неионные компоненты и макрочастицы. Неионная часть состоит из основания прореагировавшего вещества (канифоли или синтетического продукта, которые включают водорастворимые и синтетически активированные соединения), масла, консистентной смазки, остатков после нивелирования горячим воздухом, расплавленной жидкости и плохо диссоциированных веществ. Ионная часть состоит из активаторов флюса, остаточного покрытия, солей после травления и частиц, которые оставляют отпечатки пальцев. Макрочастицы включают в себя комочки припоя или окалину, частицы от отпечатков пальцев, производственный мусор после сверления и прокладки линий, частицы, содержащиеся в воздухе.

Химические реагенты для очистки после волновой пайки следует выбирать с расчетом, чтобы удалить все имеющиеся компоненты перечисленных остатков с различных поверхностей: основания платы или многослойного материала, металлических поверхностей или различных пластиков.

6.3.3.2 Положения по очистке

6.3.3.2.1 Традиционная сборка

Для сборки компонентов с металлизированным монтажным отверстием и с монтажом на поверхность характерна тенденция сокращения пространства. Общая высота, шаг размещения выводов и расстояние между трассами заметно сократились в размере. Помимо этого, компоненты размещаются ближе друг к другу. Современный производственный процесс оставляет более прочные остатки. Как пример – техника использования процесса волновой пайки для компонентов припоя с обеих сторон платы. Компоненты наносят на плату и проносят плату через волну стороной с компонентами вниз; другие стороны заполняют с помощью адгезивов и проносят плату через волну второй раз в перевернутом положении. Для достижения лучшего результата желательно произвести очистку в течение 15 минут после нанесения припоя. Если на печатную плату собираются нанести конформное покрытие, тогда до нанесения покрытия очищенную поверхность полируют, чтобы удалить все лишние частицы при осмотре, испытании, возможной доработке или ремонте. При выборе очищающих реагентов учитывают химический состав веществ, участвующих в процессе. Важно регулярно проверять оборудование, производящее очистку, для получения хорошего результата очистки ограниченных пространств.

6.3.3.2.2 Сборка без очистки

Часто возникает вопрос, каким образом удалять остатки флюса после сборки, не выполняя процедуру очистки. Есть заказчики, желающие приобрести компоновочные узлы без видимых остатков на поверхности вне зависимости от используемого флюса. Есть предприятия-субподрядчики, выполняющие очистку узлов, прошедших процесс с низким содержанием остатков. Успех этого мероприятия главным образом зависит от профессионального выбора очищающих реагентов, используемых при очистке, согласующихся с конкретным флюсом. Обсуждение этого процесса между специалистами по сборке, поставщиками флюсов и поставщиками очищающих реагентов может принести пользу в поиске оптимального процесса обработки.

Пользователи должны быть хорошо осведомлены о том, что существует тонкое различие между понятиями «водорастворимые» остатки флюса, не удаляющиеся при очистке, и «подлежащие промывке» остатки, также не

удаляющиеся при очистке с упоминанием о том, что только часть остатка может быть удалена при промывке водой.

6.3.4 Комбинированная технология очистки

Комбинированная технология очистки представлена на блок-схеме рисунка 6-4.

6.3.4.1 Типичные остатки

В данном случае специалист по сборке имеет дело с несколькими остатками, образующимися в результате применения трех различных технологий присоединения. Это нанесение припоя оплавлением, с помощью адгезивов и волновая пайка. Оптимальные результаты очистки достигаются в случае, когда химический состав паяльной пасты, используемой при оплавлении, идентичен по своему составу, насколько это возможно, составу флюса, используемого при волновой пайке.

Остатки паяльной пасты имеют более сложное строение, так как содержат компоненты с различными тиксотропными свойствами и увеличенным временем налипания. При нанесении припоя с помощью комбинированной технологии чаще всего используют аппаратуру для волновой пайки с двумя волнами взамен традиционному способу с одной волной. «Укрупненную» и «миниатюрную» волну используют для частичного прикрепления компонентов на сторону пайки и для испарения большей части остатков флюса. На заключительном этапе пайки применяют «сглаживающую» или «финишную» волну.

На заключительном этапе поточной линии между пайкой оплавлением и волновой пайкой 15 минут будет достаточно для проведения процедуры очистки. В случаях с низкими объемами производства и большого количества номеров деталей время между первой пайкой и очисткой увеличивается, поэтому промежуточная очистка сразу после оплавления поможет избежать проблем с остатками.

Остатки паяльной пасты проходят через два высокотемпературных цикла, первый – во время оплавления, второй – во время волновой пайки. Остатки паяльной пасты испытывают перегрев из-за подогревателей, установленных на верхней стороне.

В комбинированной технологии обычным делом являются остатки адгезивов наряду с остальными веществами, участвующими в пайке (паяльная паста и флюс при волновой пайке). Излишнее количества адгезива может переместиться на контрольные точки или на места присоединений (контактные площадки или сквозные металлизированные отверстия).

6.3.4.2 Положения по очистке

При использовании комбинированной технологии PWA при оплавлении и волновой пайке образуются однотипные остатки, а проблему с их удалением усугубляют два температурных цикла. Для того, чтобы оптимизировать процесс удаления остатков с поверхности готовых узлов следует с особой внимательностью выбирать процедуру очистки.

В процессе могут участвовать флюсы разного вида: 1) паяльная паста, применяемая в процессах, где не предусмотрена очистка, совместно с флюсами, используемыми при волновой пайке без очистки; 2) паяльная паста, применяемая при пайке без очистки, в сочетании с обычным флюсом, используемым при волновой пайке; 3) обычная паяльная паста в комбинации с флюсом, применяемом при волновой пайке без очистки. В первом случае любые попытки произвести очистку приводят к ухудшению материала с косметической точки зрения. Тоже самое можно сказать про два других случая.

Возможно, подобные комбинации лучше использовать для продукции 1 класса и, возможно, 2 класса. В некоторых случаях очистка отдельных участков необходима для упрощения электрических и функциональных испытаний. При такой очистке для удаления остатков можно использовать агрессивные реагенты (такие как спирты с высокой точкой кипения и сложные эфиры), а для промывки использовать такие летучие соединения, как 2-пропанол. Такая двухэтапная обработка обеспечит получение чистой, сухой поверхности для испытания или нанесения покрытия.

6.3.5 Очистка после ручной пайки

6.3.5.1 Типичные остатки

Большая часть остатков, образующихся после ручной пайки, реагирует с флюсом, который добавляют при создании межсоединений припоя. Излишнее количество флюса, добавляемого при пайке, приводит к тому, что после пайки присутствуют активаторы канифоли и флюса. Если область нанесения припоя нагревать на протяжении длительного времени, в результате, на поверхности останется флюс и, возможно, полимеризованный (прикипевший) флюс. Такие остатки флюса сложнее всего поддаются удалению, так как в результате полимеризации образуются высокомолекулярные остатки, которые с трудом растворяются в очищающих растворах.

Низкое содержание остатков после пайки характерно для флюсов с низким содержанием канифоли/смолы. Часто рекомендуется использовать флюс одного вида при последующих операциях по пайке (групповой пайке, ручной пайке, повторной/ремонтной пайке). Если все же отступили от этого правила,

прежде всего, следует провести соответствующее испытание на совместимость и убедиться, что взятый флюс не будет оставлять остатков, представляющих проблемы с удалением и проблемы эстетического характера. Перегрев и продолжительное нагревание также могут стать причиной образования трудноудалимых остатков. При пайке без очистки удаление таких остатков не является проблемой.

6.3.5.2 Очистка

При ручной пайке соединений проводят те же процедуры очистки, что и при групповой пайке. Процедура очистки готовых узлов может включать локализованное удаление загрязнений сразу после ручной пайки при помощи очищающих растворов и ручной очистки щетками. Возможно, дополнительная очистка не понадобится. Если же предъявляются высокие требования к степени очищенности, либо требуется проведение таких последовательных операций, как нанесение конформных покрытий, можно произвести дополнительную очистку узлов, проведя операции по очистке всей партии или поточного оборудования.

Если между ручной пайкой и очисткой времени минимальное количество, то паяные соединения можно подвергнуть непосредственной очистке при конвейерной очистке партии оборудования или поточного оборудования. Если же между ручной пайкой и очисткой имеется достаточное количество времени, то предпочтительнее провести быструю очистку вручную во избежание образования вязких остатков и обеспечения требуемого уровня чистоты.

6.3.6 Очистка после ручной повторной/ремонтной пайки

6.3.6.1 Типичные остатки

Типичные остатки флюса после ручной повторной/ремонтной пайки аналогичны остаткам, описанным ранее в п. 6.3.5.1.

Однако, если повторной/ремонтной пайке подвергают узлы с конформным покрытием, то удаление покрытия перед пайкой может стать причиной дополнительного загрязнения. Конформное покрытие остатков может препятствовать образованию спайки. Если допустить загрязнение паяных соединений, это может означать наличие примесей.

6.3.6.2 Очистка

Процедура очистки аналогична таковой при групповой пайке, которая была описана выше в п. 6.3.5.2. Если компоновочный узел имеет конформное покрытие, первоначальные операции заключаются в выборе растворителя, химического или механического метода для надлежащего удаления

конформного покрытия. Во избежание возможного загрязнения при повторной/ремонтной пайке следует полностью удалять конформное покрытие, включая все частицы остатков в месте повторной/ремонтной спайки припоя.

После пайки следует провести очистку уже знакомым нам методом, описанным в п. 6.3.5.2. Однако, заключительная очистка после пайки в месте нанесения повторного/ремонтного припоя должна гарантировать хорошую адгезию и высокое качество при последующем повторном нанесении конформного покрытия.

6.4 Очищающие средства и оборудование для очистки компоновочных узлов

6.4.1 Очистка растворителем

Цель данного раздела – дать базовые знания об очищающих средствах и оборудовании, используемом при очистке электронных компоновочных узлов с помощью растворителей. Подробное описание процесса очистки на базе растворителей дано в руководстве IPC-SC-60, «Справочник по очистке плат растворителем после пайки». Читатель может обратиться к руководству IPC-60, где дано более полное описание этого метода удаления остатков флюса.

6.4.1.1 Очищающие средства

Для очистки печатных плат (PWBs), печатных монтажных схем (PWAs), узлов с монтажом на поверхность (SMAs), гибридных схем используют несколько типов органических растворителей. Самыми широко распространенными растворителями были хлор- и фторсодержащие соединения. Хлорсодержащие (1,1,1-трихлорэтан) и хлорфторсодержащие (CFCs) растворители относятся к группе веществ, разрушающих озоновый слой, производство которых в развитых странах находится под запретом согласно всемирному договору (Монреальский Протокол). В настоящее время в процессе очистки используют некоторые гидрохлорированные, гидробромированные и гидрофторированные растворители. На сегодняшний день наибольшее распространение получили растворители: HCFCs, (согласно нормам, его принято считать приемлемой заменой CFCs), HFCs, HFEs, n-PB (смотрите таблицу 6-1) и различные соединения на основе спиртов (с короткой и длинной цепочкой) или сложных эфиров. Формулу очищающих веществ получают смешением соответствующих растворителей для каждого отдельного случая. Для большей эффективности специалист, производящий очистку, должен знать параметры рассеяния, свойства смачивания и растворяющие способности веществ.

С.25 Таблица 6-1 Общепринятые растворители, используемые при очистке

Кроме того, состав используемого растворителя обычно представляет собой азеотропную смесь с вполне определенной точкой кипения или очень узким интервалом кипения, таким образом, обладает свойствами чистого вещества при испарении флюса. (Согласно техническому определению состав смеси в газообразной и жидкой фазе должен быть идентичным в точке кипения). Таким образом, азеотропную смесь можно также легко использовать для очистки и переработки, как и очищающие растворы из чистых веществ. Неазеотропные смеси можно подразделить на две категории: гомогенные – где точка кипения смеси варьирует в зависимости от состава смеси; гетерогенные – где точка кипения смеси задается самой низкой точкой кипения одного из компонентов смеси.

6.4.1.2 Оборудование

Существуют два основных класса оборудования для очистки растворителем. Это партия оборудования – где платы, подлежащие очистке, от этапа к этапу перемещаются в корзине; оборудование, работающее в линии – где подлежащие очистке платы перемещаются от этапа к этапу по конвейерной ленте. Специалисты, производящие очистку растворителем с помощью оборудования первого класса располагают резервуарами от одного до четырех, но наиболее часто используют два или три резервуара. Корзины можно перемещать вручную или с помощью лебедки, которая в свою очередь может быть запрограммирована или активизироваться оператором.

6.4.1.2.1 Процесс удаления остатков флюса выпариванием

Для простоты процесс удаления остатков флюса выпариванием будет описан на базе использования трех емкостей; имея в виду, что основные принципы одинаковы, независимо от количества емкостей, больше либо меньше трех. Оператор располагает тремя емкостями или резервуарами: для кипения, ополаскивания и промывки конденсата; в очередности слева направо.

Корзинки с платами можно погружать только в резервуар с кипящим раствором или в резервуар с ополаскивателем, в то время как резервуар для сбора конденсата защищен заслонкой для сохранения высокой степени чистоты смеси растворителя. В первой емкости или резервуаре для кипения растворитель доводят до кипения. Жидкость начинает испаряться, пары оседают на змеевиковых конденсаторах, установленных на стенках емкости. Обычно используют многоконтурные змеевики со сбалансированным теплопоступлением для оптимальной конденсации в средней части змеевика. После достижения равновесного состояния в газовой фазе над раствором образуется паровая подушка, вытесняющая воздух над смесью. Конденсат со змеевика возвращается в раствор, проходя через эту подушку. Сконденсированный растворитель собирается в правой части, где используется для удаления воды с прибора (также водоотделитель или

влагопоглотитель, в зависимости от формулировки) и, наконец, собирается в резервуаре для сбора конденсата. Когда емкость для сбора конденсата заполняется полностью, конденсат переливают в резервуар для кипения. Таким образом, растворитель постоянно циркулирует из резервуара для кипения, где жидкость испаряется, а конденсат собирается в резервуар для ополаскивания, откуда попадает в емкость для сбора конденсата, откуда – снова в резервуар для кипения. Поток с растворителем имеет направление справа налево, а рабочий поток – слева направо (встречный ток). Частицы-загрязнители оседают в резервуаре для кипения. По мере увеличения концентрации загрязняющих веществ качество растворителя, используемого для очистки, снижается. В конечном итоге, растворитель удаляют из емкости и утилизируют в ректификационной колонне, а резервуар для кипения заполняют новым раствором, после чего процесс может быть продолжен.

Многие пользователи сливают смесь для кипения в отдаленную ректификационную колонну для облегчения непрерывной перегонки и утилизации растворителя, благодаря чему сохраняется достаточно низкая и постоянная концентрация загрязняющих веществ в резервуаре для кипения. В качестве альтернативного решения в конструкции некоторого оборудования для вторично кипятящейся жидкости предусмотрен отстойник для непрерывной перегонки и утилизации растворителя для многократного использования. В этом случае отстойник с излишками кипящей жидкости накрывают, чтобы туда случайно не попала рабочая корзина. Если обходятся без использования перегонного аппарата и отстойника для излишков кипящей жидкости, то растворитель обычно помещают в отстойник, когда его концентрация достигает 5-7%.

Операторы могут проверять концентрацию растворителя с помощью простых методов мониторинга за нелетучими остатками. Момент снижения очищающих свойств можно отметить при параллельном наблюдении за степенью загрязнения печатной платы нелетучими остатками и ионными загрязнителями.

6.4.1.2.2 Оптимизация процесса удаления остатков флюса выпариванием

Для сведения к минимуму потерь растворителя в рабочей атмосфере и оптимизации экономичности процесса необходимо минимизировать повреждения паровой подушки. Для этого следует ограничить перемещения рабочих корзин в вертикальном и горизонтальном направлении до 3 м/мин при погружении и извлечении из резервуара; или перемещении между резервуарами. Если корзину погружать в резервуар резким движением, произойдет значительная потеря растворителя и паровой подушки. Площадь поперечного сечения рабочей корзины должна составлять около 75% площади поперечного сечения зоны над резервуаром. Буферная зона вокруг корзины сглаживает рабочую атмосферу при погружении. Если площадь

поперечного сечения корзины превысит допустимое значение, то при ее погружении паровая подушка оттеснится и внутренний слой жидкости в резервуаре поднимется наверх, сместив зону выше паровой подушки и в конечном итоге очищающая жидкость поднимется до краев и ее излишки попадут в рабочую атмосферу. При движении между резервуарами корзина должна перемещаться в зоне паровой подушки. В конечном итоге, рабочая корзина должна остаться в зоне паровой подушки над резервуаром для промывки некоторое время для достижения температурного равновесия с зоной парообразования растворителя. При соблюдении всех условий на каждом этапе, корзина на заключительном этапе имеет тонкое паровое покрытие.

6.4.1.2.3 Серийное оборудование

В самом простом серийном оборудовании для очистки электроники предусмотрены три отдельные емкости (3 отстойника). Первая емкость предназначена для промывки, туда погружается плата в кипящий растворитель. Вторая – для ополаскивания, плата погружается в теплый раствор. Ее неправильно называют холодной емкостью, хотя температура растворителя всего на 3-5^0 ниже точки кипения. Третья емкость – для промывки конденсата, в ней происходит сбор и накопление паров растворителя, которые только что сконденсировались на охлажденном змеевике выше зоны парообразования. После конденсации растворитель пропускают через влагоотделитель или сушилку влагопоглотителя, где происходит удаление любого конденсата. Любое серийное оборудование должно соответствовать следующим особенностям конструкции:

- погруженный нагреватель должен обладать охлаждающими свойствами для охлаждения конденсаторного теплообменника. Такой нагреватель использует горячую воду или пар в отличие от электронагревателей.
- Конструкция должна учитывать скорость образования пара, чтобы конденсация происходила в средней части охлажденного теплообменника (обычно при 4-10^{0}C [39-50^{0}F]).
- Теплообменники охлаждаются системой охлаждения или внутренним охладителем замкнутого контура (рассчитывая на то, что при использовании холодной воды контроль процесса не требуется).
- Дополнительная установка теплообменников (обычно при 1.5^{0}C [34.7^{0}F]) выше главной установки для осушения воздуха над паровой подушкой.
- Воронка под дополнительной установкой теплообменников для удаления сконденсированной жидкости.
- Крышка с выдвижным или роликовым механизмом, открывающаяся в параллельной дну плоскости, взамен откидной (при поднятии такой крышки нарушается паровая подушка).

- Дополнительные охлаждающие теплообменники в емкостях для кипения и ополаскивания для поддержания температуры растворителя в период простоя чуть ниже температуры окружающей среды.

Внешние края установки для удаления флюса должны быть достаточно высокими, чтобы оставалась достаточная высота надводного борта, которая определяется как соотношение расстояния от верхней части установки до верхушки паровой подушки: ширина равняется ширине установки. В старом оборудовании с хлорсодержащим и фторсодержащим растворителями минимальное соотношение высоты надводного борта равнялось 50% и 75% соответственно. В современном оборудовании обычно предусмотрена минимальная высота надводного борта 150%.

Для улучшения характеристик по очистке можно использовать дополнительные приспособления, включая ультразвуковые и распыляющие устройства в резервуарах для ополаскивания. Для растворителей типичной частотой является частота 40кГц или выше. Для предотвращения резонанса современные ультразвуковые устройства обычно не работают на одной заданной частоте, а происходят колебания в узком диапазоне в районе 40кГц. Это предотвращает возникновение резонанса, который может стать причиной возникновения проблем с проводкой, и позволяет произвести деликатную и безопасную очистку плат на достаточно высоком уровне. Распыляющие устройства, ввиду больших растрат растворителя, следует использовать с большой осторожностью или не использовать вообще. Распыляющие устройства обычно устанавливают для распыления растворителя из распылительной камеры конденсата, обычно, используя ножную педаль. Проницательные операторы заметили, что при направленном распылении ниже паровой подушки, подушка разрушается, затем заново образуется. Во время восстановления паровой подушки любые растворители, рассеянные в воздухе, поднимаются выше паровой подушки и выходят за рамки установки, что приводит к дополнительным потерям растворителя. Это происходит вследствие того, что холодные капельки маленьких размеров выступают в качестве дополнительных конденсирующих поверхностей. Этого можно избежать, выполнив перемонтаж ножной педали для отключения помпы распылителя во время работы. После всего распыляющее устройство можно оставить в емкости для ополаскивания со свежим теплым растворителем, постоянно участвующим в круговороте. При необходимости распыление можно приостановить нажатием педали, оператор может поправить распыляющую насадку, если потребуется – выше паровой подушки, и повернуть распылитель в обратную сторону.

Обычный цикл по очистке в серийном оборудовании по освобождению от остатков флюса имеет следующий вид: емкость для кипения, 2-3 мин; емкость для ополаскивания, 1-2 мин; зона парообразования (осушения), 0.5-2 мин. Время рабочего цикла можно оптимизировать, основываясь на

визуальном наблюдении и на данные по ионному загрязнению. Увеличение времени кипения в емкости может повлиять на производительность процесса в худшую сторону, и через определенный промежуток при перенапылении на поверхности плат станут появляться загрязнения. Попытки провести очистку печатных плат, подвешивая их над емкостью для кипения в зоне парообразования, затем над емкостью для ополаскивания и проведя осушку пара, не настолько эффективны по сравнению с очисткой методом погружения плат в очищающий раствор. Очистка паром может быть эффективной для металлических деталей больших размеров с высокой теплоемкостью (на поверхности некоторых деталей конденсируется большое количество растворителя, конденсат стекает, промывая и ополаскивая деталь). Для пластиковых печатных плат с их низкой теплоемкостью очистка паром является неэффективной.

6.4.1.2.4 Конвейерное оборудование

Все принципы, описанные выше, сохраняются и для конвейерного оборудования. Конвейерная линия располагается не по горизонтали, а под углом спускается в главный корпус устройства по очистке, а затем идет в горизонтальном направлении от этапа очистки к этапу ополаскивания, на выходе конвейерная линия под углом поднимается, после чего очищенная и осушенная печатная плата проходит следующие этапы производственного процесса. Ключевым моментом эффективной очистки при использовании минимального количества растворителя является уменьшение поверхности взаимодействия с парообразной фазой. Таким образом, общие границы должны быть настолько большими, чтобы обеспечивать только ввод и вывод плат из устройства по очистке.

Конвейер проходит воздушную среду на входе в устройство по очистке, снижаясь, проходит через зону парообразования, не нарушая ее, проходит в горизонтальном направлении через зону очистки распылением, через одну или более зон ополаскивания распылением, а затем через паровую подушку, где происходит осушка, перед выходом из устройства. Зона распыления обычно снабжена многочисленными распыляющими насадками, установленными на разбрызгивающие сопла для зон промывки, ополаскивания и промывки конденсата. Давление в насадках над конвейером немного выше, чем в насадках под конвейером – для обеспечения устойчивости плат на конвейерной ленте. Поддоны для промывки, ополаскивания и сбора конденсата располагаются под конвейерной лентой.

Каждый поддон снабжен насосами для заполнения распылительных камер, с фильтрами в трубах до насосов. Система конденсаторных теплообменников располагается на входе и выходе из устройства по очистке. Горизонтальный отсек достаточно низкий для полного заполнения паром в рабочем режиме, что обеспечивает наличие в парообразной фазе только частиц растворителя

на этапах распыления и осушки. Скорость перемещения конвейерной ленты обычно немного выше скорости конвейерной ленты, используемой при волновой пайке и пайке оплавлением, при которой печатные платы располагаются только на один уровень ниже на ленте по очистке. Различные исследования показали, что при отсутствии возможности использовать ультразвуковые приборы в устройствах с распылением и парообразованием и при отсутствии момента погружения в растворитель, эффективность процесса очистки можно повысить, увеличив давление и расход жидкости распыляющей насадки.

6.4.1.2.5 Переоборудование оборудования с растворителем

Старое оборудование по очистке зачастую можно переоборудовать в целях повышения его эффективности и соответствия новейших очищающих средств требованиям по экологичности. Переоборудованные комплекты можно получить от прежних производителей или от специалистов по переоборудованию. Комплект может включать расширенный надводный борт с дополнительным набором змеевиковых конденсаторов, выдвижную или роликовую крышку, измененную систему труб для уменьшения потерь жидкости или пара, механизм транспортировки защищенных рабочих корзин, удаленный дистиллятор и автоматизированный цикл по очистке.

Самыми важными предметами являются: расширенный надводный борт, змеевиковые конденсаторы и выдвигающаяся крышка. Серийное оборудование намного легче переоборудовать по сравнению с конвейерным из-за наличия конвейерной ленты с тоннельной конструкцией. Чаще всего легче заменить устаревшее конвейерное оборудование на более современное, с вышеописанными характеристиками по поводу сохранения растворителя.

В случае, когда возникает большая задержка растворителя, обусловленная конструкцией печатной платы, для повышения эффективности осушки и уменьшения потерь растворителя прибегают к рециркуляции горячего пара. Система рециркуляции горячего пара отводит часть испарений растворителя, нагревает до температуры, выше обычной температуры кипения растворителя, затем происходит обработка поверхности платы, используя резание горячим паром. Нагретый до высоких температур пар мгновенно испаряет все остатки жидкого растворителя, которые затем конденсируются на змеевике и возвращаются в систему. При такой очистке платы используется лишь небольшое количество пара растворителя. Подобная очистка с помощью системы рециркуляции горячего пара требует постоянного соблюдения стабильной температуры растворителя для эффективной очистки.

6.4.1.2.6 Оборудование для дистилляции растворителя

Многие пользователи хотели бы сохранить объем растворителя и увеличить экономичность, при этом делая минимум вложений в сам растворитель. Использование дистиллятора удовлетворяет обоим условиям. Растворитель удаляется из емкости для кипения для перегонки обычно при его концентрации в растворе 5-7%. Потери растворителя происходят на этапе слива и повторного заполнения емкости, если допускаются какие-либо ошибки. Более сообразительные пользователи сливают очищающий раствор один или более раз в дистиллятор для перегонки растворителя. После дистилляции, фильтрации, осушки, настройки стабилизационного набора или других компонентов согласно требованиям, растворитель сливают обратно по месту применения. Если концентрация растворителя в растворе достигает 80%, только небольшое количество растворителя отправляют в слив. Целесообразно проводить сжигание в печи для обжига цемента.

6.4.1.2.7 Переоборудование установок с растворителем для процессов, совместных с процессом использования растворителя

В современных системах очистки, совместной с растворителем, используют гомогенную смесь фтороводородного углерода, обычно флороводородные эфиры, совместно с сольватационными средствами с высокой точкой кипения. Изменяя соотношение растворителей в емкости для кипения, можно изменить точку кипения в диапазоне от 1,1,1-трихлорэтан до трихлорэтилена и перхлорэтилена. Емкость для ополаскивания заполнена чистым раствором фтороводородного эфира.

Процесс протекает как обычный парофазный процесс удаления остатков флюса: первое погружение в емкость для кипения, затем погружение в емкость для ополаскивания, после чего - сушка в паровой подушке фтороводородного эфира. Несмотря на то, что в процессе можно использовать CFC-113, TCA или HCFC-141b в любом современном оборудовании, подходящем для данных растворителей, лучше всего использовать оборудование с расширенными (150%) надводными бортами, дополнительными змеевиковыми конденсаторами и выдвигающейся или роликовой крышкой, как было описано в п.6.4.1.2.5 для наибольшей эффективности и наименьших потерь растворителя.

Возможно, потребуется перенастройка датчиков безопасности нижнего уровня, выпаривания, температуры/циркуляции и парообразования на высоком уровне, в переоборудованных установках, первоначально разработанных для различных растворителей.

6.4.1.2.8 Контроль за испарением растворителя

Доступны многие методы контроля за парообразованием растворителя в рабочем месте. Полную информацию на предмет соответствия стандартам

можно получить при анализе работы оборудования при его полной загрузке в процессе очистки.

Вне зависимости от используемого метода лучше провести перепроверку с помощью утвержденного метода, такого как газовая хроматография. Образцы снимают на входе и выходе из устройства по очистке, а также в той области, где может находиться оператор и велика вероятность отравиться парами, проникающими из установки. Для того, чтобы снизить содержание растворителя в воздухе, в первую очередь необходимо устранить возможные подачу и циркуляцию воздуха над оборудованием.

6.4.2 Водная очистка

Задача данного раздела – дать основные понятия о чистящих средствах и оборудовании, используемом при водной очистке электронных узлов. Процесс водной очистки подробно описан в руководстве IPC: IPC-AC-62 Справочник по водной очистке после пайки. Читатель может обратиться к этому источнику для более полного и подробного описания этого способа очистки.

Водная очистка – это очень простой и эффективный способ очистки электронных узлов. Важно, что принципы очистки сточных вод и сохранения водных ресурсов хорошо известны и с готовностью учитываются. При разрешении на водопользование производят удаление остатков более агрессивных водорастворимых флюсов.

Очищающие средства на водной основе достаточно простые и могут состоять просто из воды или включать добавки. Соблюдение стандартов по чистоте воды – залог успеха данной технологии. Вода для ополаскивания часто циркулирует по замкнутому кругу в целях экономии и сохранения водных ресурсов. За последние несколько лет стали доступны чистящие средства новых типов на водной основе. Их отличает повышенная эффективность и большая безопасность по отношению к рабочим и/или окружающей среде по сравнению с добавками моноэтанол/гликоль на водной основе.

Современное оборудование для водной очистки в техническом плане сложно устроено, но просто в обращении. Промывочное оборудование также линейно-конвейерного типа, для производства в больших объемах и серийного производства. Его отличает высокая эффективность зон уноса, максимальная эффективность очистки, простота и экономичность в расходе воды. Серийное оборудование для очистки высоко автоматизировано, но рабочие параметры можно легко изменить. Существенное преимущество очистки на водной основе по сравнению с безводными очищающими средствами состоит в том, что допускается использование пластикового оборудования. Другие очищающие средства предусмотрено использовать в

более дорогом оборудовании из нержавеющей стали. К тому же, оборудованию для водной очистки не требуется защита от возгорания.

6.4.2.1 Средства для промывки и ополаскивания

Промывка после пайки может проводиться как просто водой, так и водой с присадками. По определению IPC, когда при водной очистке используют присадки, 50% промывочного раствора составляет вода. Использование воды в качестве основного компонента дает преимущество – быстрое растворение ионных радикалов в воде. Остатки ионного загрязнения наносят наибольший ущерб при загрязнении электронных деталей.

Остатки канифольного флюса нельзя полностью удалить водным раствором без присадок. Вода подходит для удаления остатков водорастворимых флюсов, а присадки добавляют при удалении белых осадков, маслянистых загрязнений или при очистке очень узких промежутков. При использовании водорастворимых флюсов самая распространенная проблема связана с избыточным количеством пены. В этой ситуации можно использовать пенорегулирующий агент.

При ополаскивании печатных плат электроники обычно используют чистый водный раствор без присадок, в отличие от промывки. Хотя, добавление небольшого количества простого спирта в водный раствор на заключительном этапе ополаскивания часто улучшает характеристики. Вода для ополаскивания предназначена для полного удаления остатков с поверхности, а не просто переноса. Присутствие присадок в растворе для ополаскивания может помешать полному удалению остатков. Аналогично, ионы металлов (например, кальция, магния) или природные примеси в растворе для ополаскивания могут остаться на поверхности плат после сушки. Поэтому, предпочтение при выборе ополаскивающего раствора отдается деионизированной воде хорошего качества.

6.4.2.1.1 Чистый водный раствор без примесей

Чистый водный раствор без примесей используют при удалении остатков водорастворимых флюсов. Эти флюсы были составлены специально для очистки чистым водным раствором. Несмотря ни на что, крайне важно, чтобы с поверхности были полностью удалены все остатки. Поскольку большинство флюсов обладают агрессивными свойствами, их неполное удаление с поверхности платы может вызвать коррозию за короткий промежуток времени. Необходимо удостовериться в полном удалении остатков на ограниченных пространствах так же, как и под компонентами. Относительно высокое поверхностное натяжение воды способствует удалению остатков с поверхности деталей с ограниченным пространством.

Для многих операций использование водного раствора без примесей обеспечивает необходимый уровень чистоты деталей. Результат зависит от природы самой детали, эффективности работы оборудования и сокращения времени между пайкой и очисткой. Температурный диапазон при промывке обычно лежит в пределах 50-65^{0}C [122^{0}F - 149^{0}F]. Для эффективности ополаскивания важно использовать неионизированную воду хорошего качества.

6.4.2.1.2 Поверхностно-активные вещества (ПАВ) и другие химически нереактивные компоненты

Нереактивными считаются примеси, которые не вступают в химическую реакцию с остатками, предназначенными для удаления. Большая часть веществ данной категории подразделяется на два больших класса: ПАВ и сольвенты (растворители). В составе водных смесей, предназначенных для удаления остатков флюса, эти вещества можно использовать совместно или с другими химически реактивными компонентами. Есть вероятность того, что в состав водных очищающих растворов входит некоторая часть химически нереактивных компонентов.

ПАВ охватывают широкий спектр функциональных элементов от эмульгирующих реагентов до пеногасителей. Все молекулы ПАВ содержат гидрофильную и гидрофобную группы. Функциональное назначение ПАВ зависит от структуры гидрофильной и гидрофобной групп и от весового отношения этих групп по отношению друг к другу.

Эти вещества классифицируют по заряду гидрофильной группы: анионные (отрицательный заряд), неионные (без заряда), катионные (положительный заряд), амфионные (могут нести положительный или отрицательный заряд в зависимости от обстоятельств). При очистке деталей электроники широко применяют неионные вещества.

Основное преимущество ПАВ заключается в их способности эффективно функционировать при низкой концентрации. Очень эффективно растворяют и эмульгируют маслянистые и других остатки.

Ключевое свойство ПАВ – способствовать смачиванию поверхности водным раствором. Молекулы воды имеют относительно высокое поверхностное натяжение. Молекулы воды притягиваются друг к другу, не распространяясь на поверхности. ПАВ выступают в качестве увлажнителя благодаря уменьшению поверхностного натяжения, благоприятствуют смачиванию или распространению воды по поверхности и проникновению молекул воды в тугие пространства.

Другое направление действия ПАВ- пеноконтроль. Функционирование в качестве пеногасителя часто строго регулируется температурой. Для определенной группы ПАВ свойства пеногасителя проявляются только выше определенной температуры. С помощью ПАВ осуществляют контроль за пеной, которую могут применять отдельно или в составе смеси для очистки от остатков флюса. Важно отметить, что существует особый класс веществ пеногасителей, известных как силиконы, которые следует применять для печатных плат. Остатки силикона потенциально невозможно удалить, в результате они затрудняют адгезию и вызывают проблемы при пайке.

Группа растворителей входит в состав другого основного класса химически нереакционных веществ. Химические свойства растворителей, характерные для всех органических веществ, помогают им проникать в структуру и разрушать остатки органических веществ. Эти вещества также относятся к летучим органическим соединениям (VOCs). Эффективность применения летучих органических соединений зависит от состава этих соединений и количества, добавляемого в емкость для промывки.

Органические растворители можно подразделить на полностью нерастворимые в воде и частично растворимые. За исключением эмульсий органических растворителей, это водорастворимые растворители, применяемые в водных растворах для очистки после пайки. Органические растворители используют в достаточно высокой концентрации, за исключением эмульсий. При высокой концентрации растворителя происходит снижение растворимости и поверхностного натяжения.

При промывке водными растворами пользуются органическими растворителями с разным уровнем растворимости в воде. Это могут быть гликолевые эфиры и такие высокомолекулярные спирты, как тетрагидрофурфуриловый спирт. Органические растворители чаще всего используют в соединениях с химически реакционными веществами, которые дают щелочную реакцию. К примеру, упомянутый выше гликолевый эфир и спиртсодержащие растворители в соединении с реакционно активным моноэтаноламином часто используют при удалении остатков флюса водными растворами.

Ингибиторы коррозии и/или вещества, способствующие сохранению яркости паяных соединений, также часто используют в очищающих растворах на водной основе. Очень важно сделать правильный выбор ингибитора для металлов с высокой чувствительностью к щелочным средствам, таким как черный анодированный или с конверсионным покрытием алюминий. Эти вещества могут быть органическими или неорганическими по своей природе и могут оказаться очень эффективными.

6.4.2.1.3 Омыляющие реагенты

В электронной промышленности термин омыление связывают с использованием щелочных веществ для превращения нерастворимых в воде остатков канифольных флюсов в водорастворимые мыла. Щелочи вступают в реакцию с карбоксильной группой кислоты канифоли с образованием мыла, которое затем легко удаляется простым водным раствором. Следует заметить, что омыляющие вещества всегда вступают в реакцию с другими компонентами, такими как ПАВ и/или органические растворители.

Омыляющие вещества по своей природе могут быть органическими или неорганическими соединениями. Органические соединения часто представлены щелочными аминами, наибольшее распространение получили моноэтаноламины. Принято, что используемый раствор должен иметь pH 12-13, а ванна имеет pH 11.5-12.0. Щелочные амины часто относят к группе летучих органических соединений.

Органические омылители для удаления остатков обычно используют с органическими растворителями самого высокого уровня. Например, в состав смеси для удаления остатков флюса на базе моноэтаноламина входят гликолевые эфиры. С моноэтаноламинами могут также использоваться высокомолекулярные спирты, их принимают за омылители на базе спиртов.

Неорганические омылители были разработаны совсем недавно. В основном, неорганические буферные соли смешивают с ПАВ низких уровней. Растворители (например, гликолевые эфиры или спирты) не используют. Среди данного типа омылителей нет летучих органических соединений. И это обстоятельство дает дополнительное преимущество, продлевая срок использования раствора в ваннах, поскольку с повышением температуры раствор не улетучивается из ванн. Принято, что неорганические буферные смеси и ванны имеют pH приблизительно 11. Вследствие низкой нагрузки по органическим загрязнениям, омылители данного типа обладают относительно низкой биологической потребностью в кислороде и химической потребностью в кислороде. Для промывки предпочтение отдают неионизированной воде с омылителями любого типа, но чаще используют умягченную воду хорошего качества. Ионы кальция и магния могут способствовать образованию нерастворимых остатков флюса.

Важно отметить, что очищающие растворы с омылителями можно использовать для удаления остатков неканифольных флюсов и паст, водорастворимых флюсов и в то же время флюсов, не требующих очистки средствами на водной основе.

6.4.2.1.4 Эмульсии органических растворителей в водных растворах

Данная технология основывается на использовании сравнительно небольшого количества нерастворимого органического растворителя (2-10%, исходн. 5%) в виде эмульсий в водных растворах. Благодаря такой гибридной технологии обеспечивается эффективная биполярная очистка. Тестирования, проведенные IPC/EPA/DoD, показали, что растворители в виде эмульсий способны удалить остатки канифольных флюсов и других неполярных соединений, в то время как водный раствор растворяет лишь водорастворимые остатки.

В данном процессе регулируемое количество органического растворителя смешивают с водой в камере для промывки. Капельки растворителя равномерно распределяются в водном растворе, образуя эмульсию, после чего эмульсию распыляют на детали, подлежащие очистке. В процессе круговорота раствора для промывки, который после распыления стекает обратно в резервуар, происходит постоянное эмульгирование раствора.

После завершения промывочного цикла эмульгирование прекращается, и происходит отделение органического растворителя, содержащего остатки, от воды. Все загрязняющие вещества, собранные органическим растворителем, всплывают на поверхность промывочного резервуара, откуда легко удаляются. После чего производят обычное ополаскивание деионизированной водой.

По большому счету, по сравнению с очисткой простой водой или органическим растворителем, у данного способа очистки есть свои преимущества. Используют относительно высокие точки кипения и низкое давление пара органических растворителей, чтобы снизить выделение летучих органических соединений. А также снижена опасность возникновения пожара или взрыва благодаря тому, что обычно используется небольшое количество органического растворителя в водных растворах.

6.4.2.1.5 Параметры водного раствора, используемого для ополаскивания

В качестве средств для ополаскивания предпочтение отдается деионизированной воде хорошего качества. Но это не означает, что необходима высокоочищенная вода, 18,2 мегом-см. Получение деионизированной воды с такой степенью деионизиции – дорогостоящий и чрезвычайно сложный процесс, причем, металлические поверхности могут подвергнуться коррозии. Для большинства операций подойдет вода со степенью деионизации 1-5 мегом-см. Самым экономичным способом получения воды с такой степенью деионизации можно считать замкнутый цикл системы ополаскивания. Температура воды в такой системе должна быть максимально высокой, но важно учитывать совместимость с деталями и ходом самого процесса.

6.4.2.2 Оборудование

Процесс водной очистки после пайки состоит из трех основных этапов:

- Промывка (удаление большей части остатков)
- Ополаскивание (удаление водного раствора)
- Сушка (удаление абсорбированной воды и воды с поверхности)

Первый этап может состоять из нескольких ступеней, таких как предварительное удаление большей части водорастворимых остатков и временной водорастворимой маски для нанесения припоя с помощью обычной воды. На этой ступени можно применять уже используемую на этом этапе воду с низкой степенью очистки в целях сохранения водных ресурсов.

Этап ополаскивания также может подразделяться, когда в начале применяют воду, используемую в конце. На конечной ступени этапа ополаскивания обычно используют деионизированную воду. Эта вода может быть использована повторно при следующем ополаскивании.

Для конвейерного оборудования между различными моментами производственного процесса, например, удаление жидкости с поверхности сжатым воздухом, рекомендуется использовать «воздушный шабер» для предотвращения задержки поступления растворов для промывки и ополаскивания с предыдущих этапов.

6.4.2.2.1 Распыление в воздухе

Для серийного и конвейерного оборудования широкое распространение получила технология очистки, когда промывку и ополаскивание деталей проводят в закрытой камере с помощью распыления моющих средств и последующего ополаскивания водой. Эффективность удаления остатков зависит от силы распыления (давления и объема жидкости). При распылении под высоким давлением происходит увеличение механической скорости движения капель жидкости. В результате целенаправленный поток выбивает загрязняющие частицы с очищаемой поверхности значительно легче, чем, если бы распыление проводилось под слабым давлением, с тем же объемом жидкости. На защищенные поверхности этот эффект не распространяется, поскольку капли отскакивают рикошетом. Так называемое «мягкое распыление», когда происходит распыление под низким давлением, и в результате образуется туман, приводит к заводнению поверхности, что способствует растворимости остатков. Под капиллярным воздействием раствор проникает в трещины. Есть несколько типов оборудования, в которых учитываются преимущества и сочетаются оба способа распыления: тяжелое (по принципу давления скоростного напора) и мягкое (по принципу затопления). Промывка и ополаскивание распылением имеют ограниченную эффективность, когда встречаются узкие пространства над компонентами. По этой причине во многих механизмах предусмотрено использование

высокоскоростных неразрывных струй для промывки и тонких струй для ополаскивания.

6.4.2.2.2 Распыление в емкости для погружения

Для того, чтобы очистка была эффективной, раствор необходимо тщательно перемешать. Механическое перемешивание необходимо для усиления жидкости, попадающей на очищаемую поверхность детали, с достаточным количеством химических реагентов для растворения загрязняющих веществ.

Распылительная насадка располагается в емкости, распыление происходит, когда деталь погружена в очищающий раствор, за счет чего обеспечивается механическое перемешивание, необходимое для удаления загрязнений, и происходит обновление очищающих средств на поверхности детали. Серийное оборудование часто оснащено коническими насадками или насадками веерного типа. Обычный расход жидкости насадки составляет 0.7-2.0 л/мин (0.18-0.53 галл/мин) под давлением 4.0-5.5 кг/см^2. Насадки следует располагать на противоположных сторонах с некоторым смещением друг относительно друга во избежание перекрещивания потоков. Действие сильно напоминает эффект джакузи Jacuzzi ®, использующий водоворот в горячих ваннах. Что касается поверхностных загрязнений, важную роль в обеспечении приемлемой очистки играет достаточная высота, легкость удаления флюса, турбулентность, создаваемая распылительными насадками. Если имеется узкое пространство, либо флюс под воздействием высокой температуры оказался карамелизирован, одна турбулентность может не обеспечить требуемого перемешивания. Для удаления вязких остатков может потребоваться бомбардирующее воздействие струями распылительной насадки. Важным моментом является ориентация и расположение плат относительно насадок.

Распыление в емкости для погружения используют в серийном и конвейерном оборудовании, но различными способами. Давление нагнетания и объем жидкости могут значительно отличаться. Открытая конструкция емкости серийного оборудования не позволяет производить распыление при высоком давлении. Расположение детали на конвейерной ленте позволяет выбрать положение, в котором деталь подвергается непосредственному распыляющему воздействию, по сравнению с процессом серийного производства.

Технология распыления в емкости для погружения подходит для нагнетания воспламеняющихся и пенообразующих растворов.

6.4.2.2.3 Центробежный метод

В основе этого метода лежит использование центробежной силы, образующейся при вращении изделия, погруженного в ванну или подвергнутого промывке распылением и последующему ополаскиванию распылением.

Вращающиеся детали передают центрифужное и кориолисово ускорение массе жидкого очищающего средства, в результате чего происходит вращение жидкости с необходимым усилием в пространстве с остатками флюса и другими загрязнителями. Этот способ обеспечивает эффективное проникновение раствора благодаря тому, что очищающее средство растекается параллельно поверхности платы и проникает в узкие пространства между компонентами. Смена направления вращения изделия каждые несколько секунд не дает возможности развиться ламинарному потоку жидкости, а способствует образованию мгновенного случайного потока, поскольку жидкость нагнетается в противоположном вращению направлении. Повторение картины случайного ламинарного потока жидкости происходит при промывке и ополаскивании во всех направлениях, при этом подавляются любые эффекты затенения. Техника очистки, предоставляющая изготовителю преимущества: проникание средств для промывки и ополаскивания в тугие пространства, резьбовые отверстия, глухие переходные отверстия, углубления, щели и остальные места, где могут оказаться остатки флюса и другие загрязнители.

6.4.2.2.4 Ультразвуковая очистка

К ультразвукам относят все звуки, расположенные выше уровня звуков, различимых слуховым аппаратом человека. Ультразвуковая очистка проводится в диапазоне частот 18-300 кГц, в настоящее время самая точная очистка производится в диапазоне 40 кГц. Ультразвуковая система состоит из генератора, функционирующего в качестве электрического преобразователя частоты/усилителя, и преобразователей, которые преобразуют электрическую энергию генератора в механическую энергию в виде вибраций (аналог громкоговорителя стереосистемы). Преобразователь, связанный с рабочей емкостью, воспроизводит звуковые волны в виде положительной волновой зоны давления и отрицательной волновой зоны давления в очищающем растворе.

Фактическая очистка осуществляется благодаря кавитации; которая быстро формируется и резко ослабевает, образуя мелкие пузырьки в очищающей жидкости. Выделенная энергия единичной кавитации крайне маленькая, но каждую секунду лопаются миллион пузырьков, производя интенсивную очистку. Это и есть характерные особенности ультразвуковой очистки. Эффективность очистки химическими реагентами также можно повысить, увеличив температуру и давление внутреннего взрыва. Вследствие крайне малой кавитации (1-50 микрон при 40 кГц), ультразвуковая очистка обычно

не зависит от конфигурации и может применяться на участках (например, низкая высота под компонентами, установленными на поверхность), где другие способы перемешивания раствора затруднительны.

Есть несколько важных факторов ультразвуковой очистки. Температура жидкости может изменять параметры отдельной кавитации, а кавитация наиболее эффективна при 43 -82^{0}С. Важно, что применение ультразвука и/или нагрев раствора в вакууме приводит к выделению всех растворенных газов в емкости до непосредственной очистки. Если эти газы не вывести из емкости, большая часть ультразвуковой энергии будет потрачена на сжатие пузырьков этого газа и будет недостаточно энергии для очистки. Важно по возможности обеспечить неподвижное положение емкости, чтобы раствор находился в спокойном состоянии, для наилучшего распространения звуковых волн. Фильтрация необходима при очистке, но рециркуляция не должна быть выше 20% от объема емкости за минуту.

Ультразвук используют как при промывке, так и при очистке. Необходимость в перемешивании при ополаскивании не установлена, но, поскольку это является обязательным требованием при промывке, то при ополаскивании также проводят перемешивание для обеспечения полного удаления загрязняющих остатков и химикатов, оставшихся после промывки.

6.4.2.3 Сушка

Говоря об очистке жидкими средствами, термин «сушка» чаще всего означает полное удаление остатков воды с очищаемой поверхности после процедуры очистки. Существуют несколько уровней сушки, наиболее часто встречающихся при удалении воды после очистки электронных изделий.

6.4.2.3.1 Воздушный шабер и сушка нагнетаемым воздухом

Эффективность очистки значительно повышается при использовании воздушных шаберов больших объемов для сдувания воды с поверхности изделия до самой сушки. Принцип работы воздушного шабера заключается в создании искусственного потока воздуха высокой скорости, который сдувает крупные капли воды с поверхности изделия. Возможно незначительное испарение. Искусственный воздушный поток (вынужденная конвекция) нагнетает нагретый сухой воздух прямо на поверхность осушаемого изделия. Сушка искусственным воздушным потоком очень эффективна, поскольку в приграничном поверхностном слое постоянно происходит циркуляция поступающего свежего горячего воздуха. Обычно, температура горячего воздуха, направляемого непосредственно на осушаемую поверхность, лежит в диапазоне 93-121^{0}С. Температурный диапазон обычно определяется, исходя из температурной чувствительности осушаемых изделий или

строения вещества осушаемого аппарата, например, металла относительно пластмассового полимера.

6.4.2.3.2 Радиационная сушка

Для сушки изделий также может использоваться термическая радиационная сушка или сушка за счет теплопроводности. Сушка за счет теплопроводности менее эффективна, поскольку теплопередача к изделиям осуществляется через воздух, который обладает низкой теплопроводностью. В результате, на поверхности влажных деталей приграничный слой воздуха обладает повышенной влажностью, что влияет на теплопередачу от сушильного аппарата к изделию. Эффективность радиационной сушки, использующей сфокусированную и несфокусированную энергию ИК излучения, изменяется в зависимости от состава аппаратных средств, предназначенных для сушки. Некоторые материалы способны поглощать большое количество ИК энергии, за счет чего быстро нагреваются, таким образом, происходит испарение жидкой воды и абсорбированной/адсорбированной воды. Материалы, с меньшей интенсивностью поглощающие ИК излучение, дольше нагреваются и требуют больше времени на сушку.

6.4.2.3.3 Вакуумная сушка

Вакуумная сушка – это доступная опция для быстрой сушки термочувствительной аппаратуры. Вакуумметр обычно функционирует в диапазоне 200-735.

6.4.2.3.4 Сушильные агенты органического растворителя

Удаление воды можно проводить с помощью сушильных агентов органического растворителя. Используются системы двух типов: сушка методом замещения и сушка за счет абсорбции. Оба варианта сушки осуществляются при достаточно низких температурах в бескислородной среде. Основной принцип сушки методом замещения заключается в использовании водонерастворимых сушильных агентов для удаления воды. При сушке за счет абсорбции используют водорастворимые органические вещества.

6.4.3 Очистка на полуводной основе

Цель данного раздела – дать базовые знания об очищающих средствах и оборудовании, используемых при очистке электронных компоновочных узлов на полуводной основе. Подробное описание дано в руководстве IPC-SA-61, Справочник по очистке на полуводной основе после пайки. Вы можете получить более полную информацию, обратившись к IPC-SA-61.

6.4.3.1 Очищающие средства

При очистке на полуводной основе готовые компоновочные узлы промывают органическим растворителем (100%, неразбавленным) и ополаскивают водой. Наиболее распространенные очищающие средства на полуводной основе имеют в основе терпены, высокомолекулярные спирты, алифатические углеводороды, простые эфиры или соединения перечисленных веществ. Полуводные растворители могут быть растворимы или нерастворимы в воде.

Для всех очищающих средств на полуводной основе характерны следующие свойства. Во-первых, они не разрушают озоновый слой. Во-вторых, они были разработаны для очистки от флюсов и паст широкого диапазона после волновой пайки и пайки оплавлением. В-третьих, они совместимы с печатными платами и составными частями конструкции. В-четвертых, эти средства высоко эффективны даже при высокой концентрации остатков флюса.

6.4.3.2 Оборудование

Очищающие средства на полуводной основе используют как в серийном, так и в конвейерном оборудовании, в которых изделия промывают органическими растворителями на полуводной основе, ополаскивают с помощью серии водных ополаскивателей, после чего сушат.

7 ПОВТОРЕНИЕ ПРОЙДЕННОГО

Следующие выдержки были сделаны промышленными экспертами.

7.1 Белые остатки

Существует огромное множество причин образования белых остатков в зависимости от используемого флюса. Канифоль, будучи естественным веществом, представляет собой сложную смесь изомеров. Некоторые из них являются веществами, предшествующими образованию белых остатков. С помощью термического анализа, который можно провести непосредственно при доставке до начала использования в производстве, можно обнаружить наличие таких «предшественников». Еще лучше удалить такие остатки во время предварительной обработки преимущественно до смешивания флюса. Предварительно обработанные флюсы практически невосприимчивы к воздействию высоких температур во время предварительного нагрева и пайки, даже для тонких многослойных печатных плат.

Водорастворимые флюсы также могут оставлять белые остатки, часто в результате образования поперечных связей между компонентами флюса при нагревании во время пайки. Обнаружив наличие белых остатков, производят

их удалении: поверхность печатной платы покрывают флюсом, производят предварительный нагрев перед пайкой и повторную очистку. Задача состоит в том, чтобы снять белый остаток и оставить его в новом покрытии из флюса, которое легко растворяется на втором этапе очистки.

Жидкие маски для нанесения припоя также могут оставлять белые остатки. Эти образования часто включают мелкие белые частицы наполнителя, которые добавляют в жидкую маску для уменьшения ее текучести. Если не произошла полная вулканизация маски, часть органического полимера отлетит, обнажая наполнитель, который будет являть собой остаток. Если остаток не растворяется в ацетонитриле, 2-пропаноле или воде, его следует нагреть аппаратом для воздушной сушки. Если остаток исчез, можно переходить к следующему этапу-вулканизации. (При умеренном нагреве органическая часть маски зеленого цвета становится мягче, позволяя наполнителю проникать вглубь поверхности и исчезать).

7.2 Желто-коричневые остатки

Желто-коричневые остатки – разновидность белых остатков; образуются при применении канифольного флюса RMA при пайке печатных плат со скоростью 2 фута в минуту или менее и использовании CFC-113/азеотропного метанола при очистке. В результате обширной работы загрязнения были определены как резино-металлические вещества. Удаление остатков производят при очистке с использованием 1,1,1-трихлорэтана с высокой точкой кипения.

7.3 Серые остатки

Серые остатки – это первый пример ионного загрязнения. В ходе большой аналитической работы было установлено, что это свинцовый сурик, образующийся на поверхности печатных плат. В функциональном плане, при повышенных температуре и влажности, нарушается сопротивление поверхностной изоляции печатных плат. Это обратимое явление. Было обнаружено, что остатки образуются при наличии кислой среды на поверхности печатных плат, например, при обработке галогенсодержащим растворителем. Без сомнений, любые другие источники кислот вызывают похожие проблемы. Эти остатки можно удалить с помощью распыления канифольного состава, затвердевающего в течение одного часа, когда происходит связывание остатков с канифолью. После этого производят очистку с помощью стабилизированного галогенсодержащего растворителя, содержащего 35% спирта.

7.4 Временный трафарет для нанесения припоя

Временные трафареты для нанесения припоя могут быть водорастворимыми или водонерастворимыми. Временные трафареты, растворимые в растворителе или воде, могут применяться в качестве блокатора отверстий или контактных площадок, предназначенных для испытаний или мест прикрепления чувствительных или недостающих компонентов. Нерастворимые (их также называют латексные или легкоотслаивающиеся) трафареты для нанесения припоя необходимо удалять вручную сразу после пайки, что вносит дополнительные затраты в целый производственные процесс. Не редки случаи, когда в процессе очистки повреждают тонкую электропроводку компонентов.

7.5 Трафарет для нанесения припоя

Чаще всего возникают проблемы с трафаретами для нанесения припоя двух видов: трафарет, подверженный УФ сушке и сухая пленка. Недостаточная обработка трафаретов обоих видов может привести к образованию остатков и/или комочков.

7.5.1 Трафарет для нанесения припоя, подверженный УФ сушке

УФ лампы, в отличие от ламп накаливания, быстро изнашиваются при эксплуатации. Поэтому за процессом УФ сушки следует осуществлять постоянный контроль. Таким образом, скорость перемещения изделий в поточной линии определяется в зависимости от интенсивности УФ освещения. При отсутствии постоянного контроля появляются излишки трафарета, которые вступают в реакцию и связываются с окалиной при пайке. Для удаления таких остатков следует воспользоваться технологией, описанной в п.7.3.

7.5.2 Трафарет для нанесения припоя в виде сухой пленки

Трафарет для нанесения припоя в виде очень гладкой сухой пленки представляет превосходную поверхность для адгезии загрязняющих веществ с очень тонкой пленкой; часто белых остатков. В дополнение, комочки с остатками флюса также налипают на пленку. Выявлено, что синтетически активированные флюсы сводят к минимуму подобные взаимодействия. Для решения этой проблемы стали применять финишный трафарет с матовым покрытием, поскольку на шероховатом покрытии происходит только частичное присоединение или связывание по сравнению с сухой пленкой.

7.6 Шероховатость поверхности

Самым важным предварительным условием для достижения лучшей адгезии последующего покрытия (например, трафареты) печатных плат, в

особенности это касается медных покрытий, является значительная шероховатость поверхности. Соответствующая очистка обеспечивает шероховатость поверхности 1-2 μm как минимум.

7.7 Сушка

Если оборудование для очистки установлено на автоматической линии, крайне важно контролировать процесс конечной сушки печатных плат после очистки и ополаскивания. Если сушка печатных плат была выполнена ненадлежащим образом, ее эксплуатационные характеристики будут снижены вследствие адгезии трафарета для нанесения припоя.

7.8 Проверка степени очистки медной поверхности

Методом определения качества процесса очистки любых медных покрытий является испытание на разрушение под воздействием воды. Принцип испытания основан на способности смачивания твердых поверхностей. Более гладкие, плотные или окисленные основы печатных плат (медные) быстрее всего помогают решить проблему смачивания водой. Водная пленка, долгое время остающаяся на основе, улучшает адгезию последующих покрытий подобно сухому или жидкому фоторезисту, трафарету для нанесения припоя и др.

7.9 Напор воды

Напор воды при очистке должен быть достаточным, но не всегда существует объективная необходимость в слишком сильном напоре воды. При сильном напоре уменьшается возможность взаимодействия химических реагентов с остатками, поскольку часть раствора отскакивает от поверхности, не успев соединиться с загрязняющими частицами. При наиболее оптимальном процессе очистки напор воды следует усиливать постепенно, следя за тем, как динамическое воздействие напора воды влияет на эффективность очистки. Если достигнут стабильный уровень эффективности, данный напор воды считают оптимальным для процесса очистки.

8 ПРОВЕРКА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

8.1 Вступление

На качество продукции, говоря о рабочих характеристиках и надежности, влияет степень очистки. Загрязнения причиняют такой ущерб, как: ухудшение адгезивных свойств трафарета для нанесения припоя, отслаивание многослойных печатных плат, снижение пригодности к пайке, утечка тока между проводниками и высокое сопротивление в разъемах.

Обеспечение качества включает периодический контроль или проверку за ходом процесса. Испытания на степень очистки позволяют непосредственно выявить загрязнения, воспроизвести потенциальные проблемы по надежности с помощью проведения ускоренных испытаний на пробных образцах или реальных изделий.

Полная программа обеспечения качества может также включать контроль за технологическим процессом, проверку материалов, используемых на производстве, таких как флюсы для пайки.

Объем программы обеспечения качества, частота проверки и требования, предъявляемые к конечным результатам, связаны с применением продукции и предполагаемыми характеристиками, например, с классом эксплуатации.

Данные по качеству должны быть собраны в виде, приемлемом для отслеживания направлений процесса и быстрого внесения поправок при необходимости. Их следует записывать для информирования поставщиков о поступающих материалах и заказчиков о продукции.

В этом разделе содержится информация по программе обеспечения качества: начальные моменты программы по качеству, описание испытательных методов, требования для различных классов услуг, сбор данных и составление отчетов.

8.2 Результативный производственный процесс

8.2.1 Программа обеспечения качества

Частью плана обеспечения качества производственного процесса является проверка и контроль степени очистки. Примерный список положений плана по качеству очистки показан в таблице 8-1, полученный из Американских национальных стандартов Z1.15, подготовлен Американским обществом по контролю за качеством. Каждое из положений подробно описано в соответствующих разделах.

Таблица 8-1 Положения программы обеспечения качества

Параграф	Положение
8.2.2	Документация
8.2.3	Проверка поставляемых материалов
8.2.4	Производственный контроль
8.2.5	Контроль каждой единицы продукции
8.2.6	Проверка материалов с недопустимыми отклонениями

8.2.7	Корректировочная программа
8.2.8	Хранение, обработка и упаковка
8.2.9	Периодическая проверка изделия на соответствие техническим условиям
8.2.10	Информация по качеству
8.2.11	Данные по эксплуатационной характеристике
8.2.12	Контроль за ходом процесса
8.2.13	Сбор данных и составление отчета

8.2.2 Документация системы управления качеством продукции

Важным аспектом всего производственного процесса и системы управления качеством продукции является документация. Она должна содержать информацию о каждом этапе, а также деятельности, связанной с качеством и надежностью, выполняемой не только организацией по качеству.

Обычный иерархичный порядок документации представлен в таблице 8-2, начиная от постановления компании относительно обязательств по качеству продукции, вплоть до производственных предписаний. Большая часть этой информации может быть доступна в электронном виде. Методы испытаний IPC выложены на веб-сайте IPC www.ipc.org.

8.2.3 Проверка поставляемых материалов

В порядок оформления заказов на материалы, содержащий отдельные указания по заказам на приобретение товара, договор с акцентом на выписках и порядком закупки, должны также входить требования по очистке. Это должны быть требования непосредственно по степени очистки для материалов, используемых в компоновочных узлах, таких как печатные платы и компоненты, либо особые характеристики используемых химических реагентов, такие как точка кипения очищающего средства.

Поставщики материалов должны быть компетентны в первую очередь в вопросах по техническим характеристикам (требованиям), и периодически повышать свою квалификацию исходя из анализов данных по качеству.

Качество поступающего материала будет определяться одним или более из перечисленных способов: проверка данных по качеству, предоставляемых поставщиком (смотрите 8.2.13), проверка изделий представителем заказчика на заводе-поставщике или входной контроль.

Таблица 8-2 Иерархическая структура документации

Документ	Назначение	Содержание
Руководство по качеству	Административное и процессуальное	-политика компании -организация и ответственность -деятельность, связанная с перечисленной в таблице 8-1
Порядок закупки	Контроль над материалами	-выставление счетов -заказы на приобретение -входной контроль -оценка качества продукции
Требования к технологии	Контроль над производственным процессом	-действующие контрольные точки -составление выборки -методы испытаний/проверки -критерии приемки/отказа -производственные стандарты -вспомогательные производственные средства

Список, одобренный поставщиками, должен быть подтвержден машиностроительной организацией. Детали и материалы получают только от поставщиков, указанных в этом списке.

8.4.2 Контроль над производственным процессом

Для каждого этапа производства утверждаются стандарты, подлежащие проверке, и технологические ограничения. Определить этапы поможет схема производственного процесса. Выборку и резюмирование данных следует проводить на базе статистических данных. (смотрите IPC-PC-90 для получения более подробной информации по статистическому управлению технологическим процессом (SPC).) Для таких испытаний, как сопротивление поверхностной изоляции, могут использоваться пробные образцы плат, находящихся в производстве, или плат, проходящих обработку отдельно, параллельно производственному процессу.

Порядок технического обслуживания оборудования, включая периодическое калибрование, график замены химических препаратов, используемых в производстве (электролитических ванн, флюсов для пайки, очищающих средств) должен обеспечивать протекание производственного процесса в рамках установленных ограничений.

8.2.5 Контроль каждой единицы продукции

Готовое изделие, будь то печатная плата или компоновочный узел, должно пройти проверку на соответствие всем требованиям по качеству и рабочим характеристикам до его отправки.

Заключительное испытание представляет собой имитацию эксплуатации изделия заказчиком. Организация по качеству должна провести независимую проверку на заключительном испытании для предоставления независимой оценки качества продукции на выходе.

8.2.6 Проверка материалов с недопустимыми отклонениями

При выявлении изделий с недопустимыми отклонениями на входном контроле, в ходе производственного процесса или на заключительном испытании, их следует маркировать и отделять от материалов и изделий надлежащего качества.

8.2.7 Корректировочная программа

Корректировку применяют при выявлении материалов с недопустимыми отклонениями или недостающего качества. Например, компоненты с плохой пригодностью к пайке при сильном загрязнении следует подвергнуть повторной очистке, отвергнуть или вернуть обратно поставщику.

Адекватные действия, предпринимаемые в ходе производственного процесса, могут быть частью плана по статистическому управлению технологическим процессом.

8.2.8 Хранение, обработка и упаковка

Необходимые условия хранения – чистота и контролируемый уровень влажности. При обработке следует избегать загрязнений, которые могут остаться от отпечатков пальцев, перчаток, от контакта различных механизмов. Упаковочная бумага не должна содержать серу.

Печатные платы с временным органическим защитным покрытием в местах, обнажающих медный слой, чувствительны к условиям хранения, поэтому должны вводиться в эксплуатацию сразу по мере поступления.

8.2.9 Периодическая проверка изделия на соответствие техническим условиям

При испытаниях изделий на соответствие техническим условиям дается оценка возможности удовлетворять всем конструктивным требованиям. По сравнению с обычными производственными или заключительными испытаниями данные испытания более расширены. Они включают в себя проверку воздействия окружающих условий, таких как высокой

температуры/влажности, воздействующих на печатные платы, усиливая влияние загрязнения остатками.

8.2.10 Информация по качеству

Результаты каждой проверки по качеству следует записывать для того, чтобы специалисты по качеству смогли обнаружить дефекты, и можно было отследить эффективность работы системы управления качеством продукции. Данные могут обрабатываться электронными средствами, необходимо периодически их резюмировать (скажем, еженедельно) в виде отчета для предоставления руководству. В отчетах должны быть контрольные графики и/или графики отклонений для переменных/атрибутивных данных. (Смотрите 8.2.13).

8.2.11 Сбор и анализ данных по эксплуатационной характеристике

Обратная связь должна иметься в наличии везде, где это возможно, чтобы пользователь мог вводить свою информацию в ответ на проблемы, возникшие во время эксплуатации. Загрязнения на уровне печатной платы могут повлиять на производительность компоновочного узла. В таком случае специалист по сборке должен уведомить об этом поставщика печатных плат. Производитель электронных компоновочных узлов должен выполнить анализ основных причин интенсивности отказов, которые могут возникнуть вследствие низкого уровня очистки.

8.2.12 Контроль за ходом процесса

Наряду с проверкой и испытаниями материалов, плат и компонентов, в процессе очистки следует осуществлять непосредственный контроль за температурой и уровнем загрязнения. Поставщик оборудования для очистки должен быть проинформирован и необходимых параметрах управления.

В следующих системах очистки на водной основе измеритель электропроводимости похож на измеритель, используемый при замерах проводимости экстрактов селективной сольвентной очистки, позволяющий легко осуществлять мониторинг за входным/выходным сопротивлением. В станочной системе для серийного производства измеритель электропроводимости может использоваться при мониторинге качества воды на заключительном этапе ополаскивания.

В системах очистки растворителем следует осуществлять периодический контроль за уровнем кислотных акцепторов при наличии такой возможности. Для этих целей можно использовать простой испытательный комплект. В системах со спиртсодержащими соединениями также следует осуществлять мониторинг за концентрацией этих соединений. Частый контроль необходим

за нелетучими остатками в емкости для кипения, а для емкости окончательного ополаскивания достаточно осуществлять контроль время от времени.

8.2.13 Сбор данных и составление отчета

Залог результативного и экономичного контроля за качеством состоит в эффективном анализе данных. Доступен широкий диапазон статистических методов, которые можно разделить на две категории: атрибутивные и переменные.

8.3 Приемочные испытания

Важно распознавать вид, степень и воздействие остатков для возможности предугадать и обеспечить надежные эксплуатационные характеристики продукции. Абсолютное значение результатов испытаний или измерений не всегда является показательным. Например, испытание сопротивления экстрактов селективной сольвентной очистки (ROSE) не может обнаружить разницу между чистыми и не чистыми (коррозивными и некоррозивными) остатками. Тем не менее, в достаточной степени оценив результаты этих испытаний, можно как-то поспособствовать контролю и обеспечению необходимого уровня качества.

Современное производство и обработка остатков существенно отличаются от традиционных флюсов на базе канифоли и остатков, удаляемых с помощью растворителей, которые использовались более 25-30 лет назад. Ввиду наличия широкого диапазона материалов и технологий обработки, существует необходимость в новом методе оценивания остатков с учетом их типов, уровня, электрического эффекта и оказываемого влияния на надежность.

Существуют два способа измерений: прямое и непрямое измерение. Проверку соответствия техническим характеристикам/приемочные испытания процесса и материалов проводятся обоими вышеназванными способами.

Оценку материалов можно провести с помощью испытания сопротивления поверхностной изоляции (IPC-TM-650, 2.6.3.3) со стандартными пробными образцами IPC (например, IPC-B-24, IPC-B-36) или пробными образцами заказчика. Оценку можно сделать при использовании реального продукта и комбинации испытательных способов в условиях повышенной влажности/температуры (85/85) или в условиях термоциклирования, соответствующих типу изделия. Функциональные испытания следует проводить после защиты от воздействия окружающей среды (ESS). А до испытаний ESS следует провести анализ степени очистки на предмет

ионного и органического загрязнения с помощью ионной хроматографии (IPC-TM-650, 2.3.28) на основных этапах сборочного процесса для выявления источников корродирующих и изолирующих остатков. Для стандартов Министерства по защите окружающей среды (DOE) область исследования включала изучение степени загрязнения поступающих печатных плат, очищенных образцов после сборки компонентов, волновой пайки/пайки оплавлением, ремонта/переоборудования. После чего результаты будут сопоставляться с текущим процессом или проверочными эксплуатационными испытаниями. Наряду со стандартами DOE может быть проведено испытание сопротивления экстрактов селективной сольвентной очистки (ROSE) для выяснения базисного уровня данных ионной хроматографии с приблизительным процентным соотношением степени загрязнения в качестве индикатора процесса. Хотя, при значительном повышении риска возникновения загрязнения и коррозии этот индикатор может не измениться. В качестве программы наблюдения рекомендуется вести протокол измененных испытаний ROSE, при котором используются экстракции того же раствора, что и при ионной хроматографии, и измеряется общая проводимость экстракции раствора ионной хроматографии. Ключевым моментом для всех вышеперечисленных испытаний является определение количества видимых остатков до и после создания необходимых условий защиты от воздействия окружающей среды.

8.3.1 Непосредственное (прямое) определение загрязнения

Испытания на степень очистки, проводимые способом прямого определения загрязнения, обычно проводят на самой продукции, а не на пробных образцах. Это позволяет сделать профессиональную оценку наличия определенного вида загрязнения или количества загрязнения. Так называемый «прямой способ» резюмирован в таблице 8-3. Обзор принципов каждого из способов дается далее. Основные моменты соответствующего или аналогичного метода вы можете найти в IPC.

8.3.1.1 Визуальное определение

Визуально могут быть обнаружены следующие остатки: вкрапления абразивных средств после механической очистки, соли, продукты коррозии после влажной обработки химическими веществами (плакирования, распыления флюса, распыления припоя при волновой пайке), комочки припоя, остающиеся после пайки оплавлением, и «белые остатки». При переносе и хранении могут остаться следы от отпечатков пальцев, а также пыль и пленки.

Повысить эффективность визуального осмотра можно с помощью специального освещения, такого как бестеневой флуоресцентный светильник в виде кольца. Органические вещества реагируют на УФ черный цвет.

Допустимо увеличение 30X. В частности, для сильного увеличения (10X) видеосистема уменьшает утомляемость оператора.

Критерии приема/отказа при визуальном осмотре достаточно субъективны, но заключение, которое дает оператор, может быть нормализовано каким-то образом, чисто визуально, предпочтительно фотографией продукции.

Визуальный осмотр – это самый простой способ проверки, поэтому его следует использовать на протяжении всего производственного процесса, по крайней мере до того момента, когда процесс полностью охарактеризован и проконтролирован другими способами.

8.3.1.2 Испытание ионной электропроводимости (ионная хроматография)

В основе данного испытания лежит следующий принцип: коррозийные и изоляционные остатки можно удалить с помощью жидких средств, а отделение, распознавание вида, определение количества остатков от этого жидкого средства можно провести с помощью ионного анализа. Отделение производят, добиваясь особого состояния равновесия между зарядом канифоли и подвижной жидкой фазой во время промывки канифоли до прохождения через чувствительную ячейку для измерения электрической проводимости раствора. Аналитический вывод – это степень загрязнения на единицу площади (например, мкг/дюйм^2 для определенных видов, допустим, бромидов).

Метод ионной хроматографии не предназначен для использования в качестве ежедневного способа контроля процесса, скорее служит картой отображения процесса, показывающей влияние различных производственных этапов, или представляет собой снимок степени очистки на каждом этапе технологического процесса. С другой стороны, он служит инструментом для анализа отказов и выявления основных причин появления загрязнений, вызывающих коррозию. Испытание ионной хроматографии на пробных образцах может продемонстрировать сходство и различие образцов и функциональной электронной аппаратуры; важно удостовериться, что испытание проводят на типичных образцах. Ионную хроматографию можно использовать в качестве инструмента для прогноза эксплуатационных характеристик, если прежние характеристики надлежащим образом заархивированы и согласованы.

Анализ ионной хроматографии (из IPC-TM-650, 2.3.28) включает в себя четыре основных этапа:

Извлечение – экстракция растворителя/водной фазы (75% 2-пропанол, 25% деионизированная вода) при 80^{0}C (± 0.5^{0}C) [176^{0}F (± 0.9^{0}C)] в течение 1 часа

(± 1.0 мин) в стационарном резервуаре КАРАК ™, подвешенном внутри ванны с водой. Резервуар должен полностью удовлетворять требованиям по степени очистки, соответствовать и выдерживать обычную толщину электропроводки при 80^0C (± 0.5^0C) [176^0F (± 0.9^0C)]. Площадь поверхности испытательного образца будет измерена и записана совместно с объемом используемого раствора 2-пропанол/вода.

Анализ – проводится с помощью Dionex или равнозначной системы. 3-5 мл экстракции раствора вводят в ионный хроматограф, где происходит отделение ионов и органических элементов в зависимости от молекулярных масс и величин валентного заряда. Это происходит за счет вымывания групп, похожих на ионы, из толщи канифоли с помощью жидкой подвижной фазы на 1-2 мл/мин, 1000-2400 фунтов/кв. дюйм. Электропроводимость измеряли, поскольку жидкая фаза проходила через очень чувствительные ячейки для измерения электропроводимости раствора. Составлялия график изменения электропроводимости по времени. Для типичных образцов процесс занимает 5-30 мин.

Идентификация видов-

проводится с помощью известных стандартов (доступный для анализа NIST) для определения времени вымывания каждого из видов. На анионитном фильтре обычно представлены следующие виды: фториды, хлориды, метансульфокислоты, бромиды, нитраты, нитриты, фосфаты, формиаты, ацетаты, (смолы), сулюфаты, слабые органические кислоты. Типичные слабые органические кислоты, являющиеся активаторами при процессе без очистки: янтарная кислота, яблочная кислота и другие похожие слабые кислоты. Типичные катионы: натрий, калий, аммиак, кальций и магний.

Анализ данных -

это наиболее важный момент при определении типа и уровня извлекаемых остатков, позволяющий определить их влияние на надежность изделия. В основе анализа лежит осмысление уже известных средств управления и неизвестных примеров, требующих анализа. Знания о химических веществах, присутствующих на всех производственных этапах, в процессах сборки и очистки, например, реактивы для травления, вода для ополаскивания, активаторы флюса, добавки для промывки, - очень важны при определении идентичности максимумов образцов. Более эффективное разделение вследствие различного времени вымывания благодаря использованию различных фильтров или подвижных фаз также будет способствовать идентификации видов. Помимо идентификации остатков, следует определять количество каждого из остатков и их совместный эффект, учитывающий гидрофильные свойства, для выявления коррозийных и изолирующих свойств, влияющих на надежность продукции.

8.3.1.3 Электропроводность экстракта селективной сольвентной очистки
Это испытание основано на следующем принципе: электропроводимость (обратное сопротивление) разбавленных водой растворов прямо пропорциональна концентрации растворенных ионов. Коэффициент пропорциональности будет зависеть от вида ионов. Для измерений, полученных практическим путем, калибрование проводят хлоридом натрия, а результаты выражают в количестве загрязнений на единицу площади, например, мг/кв. дюйм NaCl.

Печатные платы и компоновочные узлы промывают водной смесью 2-пропанола (40-75% 2-пропанола в зависимости от метода испытания) для обеспечения высвобождения ионов из таких органических остатков, как флюс.

Промывку можно проводить распылением или погружением с раствором известного объема, обычно 10-20 мл/кв.дюйм поверхности; или в промышленном оборудовании многоразового использования. (Смотрите IPC-TM-650, 2.3.25)

Для обоих методов критерии прохождения/отказа лучше всего определяются калиброванием по отношению к стандартному раствору NaCl, который берут в том же количестве, как и для испытательного образца. Коммерческие приборы для испытаний обычно оснащены микропроцессором, который непосредственно преобразует показания в эквиваленте г/кв.дюйм NaCl. Примеры приборов перечислены в таблице 8-4.

Таблица 8-4 Примеры коммерческих приборов для испытаний электропроводимости экстракта селективной сольвентной очистки (смотрите с37 в оригинале)

83.1.4 Загрязнение поверхности органическими загрязнителями
В основе испытания лежит способность ацетонитрила (стадия жидкостной хроматографии высокого давления) растворять широкий спектр органических веществ. Растворитель накапывают на печатную плату компоновочного узла, остатки собираются и медленно засыхают на предметном стекле микроскопа. После чего проводят промывку и сушку с объемом приблизительно 0.25 – 0.50 мл по отношению к общим 2мл жидкости на кв. дюйм очищаемой поверхности (включая компоненты). Наличие характерного органического загрязнения выше 10 мкг/см^2 подтверждается визуальным рассмотрением предметного стекла. (Смотрите IPC-TM-650, 2.3.38).

Органические загрязнители можно удалить с предметного стекла, смыв их с помощью ацетонитрила на многочисленные пластинки с полным внутренним

отражением. Вещества можно определить с помощью ИК спектрометрического анализа. Можно использовать ИК спектрофотометр модель 283 Пекин Элмера или равнозначный ему. (Смотрите IPC-TM-650, 2.3.39).

Все вышеперечисленные процедуры должны выполняться только квалифицированными специалистами в вытяжном шкафу.

В качестве альтернативного метода вместо растворителя можно использовать 2-пропанол и УФ спектрометрию для осмотра. (Смотрите IPC-TR-580).

8.3.1.5 Удаление флюса

Если основным органическим загрязнителем является флюс на базе канифоли, то можно использовать самый простой способ удаления остатков флюса, исходя из определения эффективности процесса очистки от остатков флюса с компонентов, установленных на нижней поверхности. (Смотрите IPC-TM-650, 2.3.27). Применяется безводный реагент 2-пропанол, который наносят по каплям на загрязнения, либо наливают в неглубокий поддон для погружения. Промывочный раствор выпаривают в небольшом химическом стакане (25-50 мл) либо наносят в центр кружка фильтровальной бумаги.

В стакан с раствором добавляют 20 капель (1мл) уксусного ангидрида следом за 1 каплей концентрированной серной кислоты. Изменение окраски раствора указывает на присутствие смолы с чувствительностью менее 75 микрограмм.

При использовании фильтровальной бумаги применяют 1 каплю сахарного сиропа (30г сахара на 100мл воды), затем 1 каплю серной кислоты. При наличии смол вокруг карбонизированной бумаги быстро появится розовое или красное окрашивание.

8.3.1.6 Анализ поверхности

Существуют несколько действенных физических методов анализа поверхностных загрязнений, несмотря на то, что они едва ли подходят для гарантии качества. Они больше предназначены для поиска неисправностей, возникших по труднодостижимым проблемам, или для анализа причин отказа плат и компоновочных узлов в случаях возврата изделий или при испытаниях на надежность.

Физические методы рассматривают электромагнитную радиацию: рентгеновские лучи, электроны и ИК излучение, возбуждающие поверхностные атомы или молекулы, а затем анализируется получающийся спектр. Для испытаний обычно используют небольшие образцы, которые

помещают в вакуум. Необходимо квалифицированное объяснение полученных результатов. Обзор методов представлен в таблице 8.5.

8.3.2 Определение загрязнения косвенным способом

Наряду с прямыми методами существуют испытания, в ходе которых осуществляется наблюдение за влиянием загрязнения (обычно электрическим) и, наоборот, связанные со степенью очистки. При косвенном испытании измеряют имитированное воздействие на пробные образцы и макеты компонентов из тех же материалов того же компоновочного узла. Эти испытания включают в себя проверку флюсов на способность вызывать коррозию; если удалось установить, что флюсы не являются коррозирующими, функциональной очистки может не потребоваться, хотя компоновочные узлы могут быть очищены из косметических соображений. Активность флюсов связана со способностью подвергаться пайке. Слабая паяемость может служить основанием для смягчения технических требований по отношению к пайке, применения более активных флюсов или предварительной очистки деталей. Способы косвенного определения загрязнения перечислены в таблице 8-6. Далее следует их краткое изложение.

8.3.2.1 Визуальный

Одним из основных последствий визуально наблюдаемых загрязнений печатных плат является нарушение адгезии. Появляются расслоения многослойных материалов. Такие поверхностные покрытия, как маски для нанесения припоя или конформные покрытия, особенно в условиях повышенной влажности, начинают рассыпаться или отслаиваться под покрытием. Причиной тому является высокое осмотическое давление, создаваемое за счет привлечения влаги загрязняющими частицами.

8.3.2.2 Коррозионная активность флюсов

Несмотря на то, что при нагревании во время пайки флюсы становятся химически активными, при охлаждении до комнатной температуры активность флюса может значительно снизиться. Флюсы, не вызывающие коррозию, не всегда требуют обязательного удаления даже в целях повышения надежности.

И наоборот, удаление коррозийных остатков с компоновочных узлов предназначено для повышения надежности и требует непрерывного контроля посредством таких испытаний, как электропроводимость экстрактов сольвентной селективной очистки. (Смотрите 8.3.1.3).

Характеристики, например Технологии Telcordia GR-78-CORE Общие конструктивные требования по проектированию на физическом уровне для

телекоммуникационной продукции и оборудования, или J-STD-004 Общие требования к флюсам по пайке электроприборов, соответственно, «не коррозийные» и типа L (для неактивных остатков или с низкой активностью). В основе классификации положены результаты таких испытаний, как коррозия медного зеркала, наличие галогенидов, сопротивление поверхностной изоляции.

Флюсы на базе жидкостей следует испытывать в условиях после использования. Флюсы, используемые в прутковых припоях или неметаллических составляющих паяльных паст необходимо получать от поставщика или извлекать из коротко порезанной электродной проволоки с помощью 2-пропанола.

Таблица 8-5 Физические методы анализа поверхности

Прибор	**Обнаруживает**	**Примечания**
SEM (сканирующий электронный микроскоп)	Маленькие частицы	Только размер и форму
SEM с анализом рентгеновского излучения	Атомные элементы >Li	Может показать композиционную структуру поверхности
ESCA (электрон спектроскопия для химического анализа)	Наличие химических связей	Может предположить наличие H, пространства монослоев
Оже-спектроскопия	Атомные элементы He	Только несколько внешних атомных слоев
SIMS (масс-спектроскопия вторичных ионов)	Все элементы	Восприимчивость внешних монослоев в частях на миллиард
FT-IR (ИК спектроскопия на основе преобразования Фурье)	Колебания элементов, легче CI	Потребность в 1μm вещества или множество переходов на тонких слоях

Таблица 8-6 Определение степени очистки непрямым способом

пункт	Испытательный метод	Измерения	Качественные или количественные	Ссылка IPC
8.3.2.1	Визуальный	Отслаивание в слоях, рассыпание веществ под покрытием	QL	IPC-A-600

8.3.2.2	Коррозивность флюса	Активность флюса	QT	ANSI/J/STD-004
8.3.2.3	Сопротивление изоляции	Утечка тока между проводниками	QT	IPC-TM-650, 2.5.27 и 2.6.3.3
8.3.2.4	Электрохимическая миграция	Рост электропроводящей нити	QT	IPC-TM-650, 2.5.27 и 2.6.14.1
8.3.2.5	Контактное сопротивление	Пленки на разъемах	QT	IPC-TM-650, 3.1
8.3.2.6	Пригодность к пайке	Неорганическое/органическое загрязнение	QL QT	J-STD-003

8.3.2.3 Сопротивление поверхностной изоляции

Измерения сопротивления поверхностной изоляции обычно проводят с помощью специального прибора или контактной схемы параллельных дорожек, которые включены в производственную панель или функционируют как отдельная плата в параллели с производственными платами.

Тест заключается в том, что для опытного образца создают специальные постоянные либо циклические условия, контролируемый температурный режим и режим влажности, и измеряют сопротивление поверхностной изоляции. Примеры соответствующих измерительных приборов даны в таблице 8-7. Примеры соответствующих опытных образцов даны в IPC-B-25 и IPC-B-36. (Смотрите IPC-TM-650, 2.5.27 и 2.6.3.3).

8.3.2.4 Электрохимическая миграция

Для оценки направления электрохимической миграции можно использовать те же опытные образцы и методы, что и при измерении сопротивления поверхностной изоляции. Отличие лишь в том, что небольшое электрическое смещение (обычно 10V) применяют к опытным образцам при условиях температуры/влажности. (Смотрите IPC-TM-650, 2.5.27 и 2.6.14.1)

Примеры различных изменений представлены на рис. 8-1. Небольшое ионное загрязнение может быть удалено под действием поляризации при возникновении отклонения. Но ионное загрязнение в большом количестве может способствовать росту металлических нитей между проводниками.

Для предотвращения перегорания сформировавшихся металлических нитей следует ограничить отклонение тока с помощью резистора с верхним

значением (например, 1 мегом) в сериях с каждым опытным образцом. А также, напряжение отклонения не должно вызывать нереальный градиент потенциала в изоляционных материалах платы, например, эффект короны и подвижность ионофоров эпоксидной смолы.

8.3.2.5 Контактное сопротивление

Производственное загрязнение является основной причиной снижения надежности электрических разъемов. Позолоченные кнопочные пальцы на печатных платах чрезвычайно восприимчивы. Результат загрязнения, возможно, может быть указан значением сопротивления четырехпроводного контакта. Во избежание пунктирования наличия любых пленок ток при испытании следует ограничить до значения менее 20 А, а напряжение открытой цепи при испытании до значении менее 50 миливольт (например, условия «сухой схемы»). (Смотрите IPC-TM-650, 3.1).

8.3.2.6 Пригодность к пайке

Испытания пригодности к пайке следует проводить с печатными платами (смотрите J-STD-003) и компонентами (смотрите J-STD-002) на двух производственных этапах: на входном контроле и срочном, непосредственно до сборки. На входном испытании следует использовать неактивные флюсы. В предварительных испытаниях перед производством следует использовать те же флюсы, которые используются в производстве, или испытательные платы подвергают упрощенному процессу пайки.

Таблица 8-7 Примеры испытательных приборов сопротивления изоляции

Поставщик	**Модель**	**Свойства**
General Radio	1864 мегомметр	ручной
Alpha Metals	«сирометр»	Автоматический 24 канальный стандарт
Protonique SA	Измеритель изоляции,IRMA-1	Автоматический 20 канальный стандарт



IPC-CH-65A

Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies

A standard developed by IPC

2215 Sanders Road, Northbrook, IL 60062-6135
Tel. 847.509.9700 Fax 847.509.9798
www.ipc.org

The Principles of Standardization

In May 1995 the IPC's Technical Activities Executive Committee adopted Principles of Standardization as a guiding principle of IPC's standardization efforts.

Standards Should:
- Show relationship to Design for Manufacturability (DFM) and Design for the Environment (DFE)
- Minimize time to market
- Contain simple (simplified) language
- Just include spec information
- Focus on end product performance
- Include a feedback system on use and problems for future improvement

Standards Should Not:
- Inhibit innovation
- Increase time-to-market
- Keep people out
- Increase cycle time
- Tell you how to make something
- Contain anything that cannot be defended with data

Notice

IPC Standards and Publications are designed to serve the public interest through eliminating misunderstandings between manufacturers and purchasers, facilitating interchangeability and improvement of products, and assisting the purchaser in selecting and obtaining with minimum delay the proper product for his particular need. Existence of such Standards and Publications shall not in any respect preclude any member or nonmember of IPC from manufacturing or selling products not conforming to such Standards and Publication, nor shall the existence of such Standards and Publications preclude their voluntary use by those other than IPC members, whether the standard is to be used either domestically or internationally.

Recommended Standards and Publications are adopted by IPC without regard to whether their adoption may involve patents on articles, materials, or processes. By such action, IPC does not assume any liability to any patent owner, nor do they assume any obligation whatever to parties adopting the Recommended Standard or Publication. Users are also wholly responsible for protecting themselves against all claims of liabilities for patent infringement.

IPC Position Statement on Specification Revision Change

It is the position of IPC's Technical Activities Executive Committee (TAEC) that the use and implementation of IPC publications is voluntary and is part of a relationship entered into by customer and supplier. When an IPC standard/guideline is updated and a new revision is published, it is the opinion of the TAEC that the use of the new revision as part of an existing relationship is not automatic unless required by the contract. The TAEC recommends the use of the lastest revision. Adopted October 6. 1998

Why is there a charge for this standard?

Your purchase of this document contributes to the ongoing development of new and updated industry standards. Standards allow manufacturers, customers, and suppliers to understand one another better. Standards allow manufacturers greater efficiencies when they can set up their processes to meet industry standards, allowing them to offer their customers lower costs.

IPC spends hundreds of thousands of dollars annually to support IPC's volunteers in the standards development process. There are many rounds of drafts sent out for review and the committees spend hundreds of hours in review and development. IPC's staff attends and participates in committee activities, typesets and circulates document drafts, and follows all necessary procedures to qualify for ANSI approval.

IPC's membership dues have been kept low in order to allow as many companies as possible to participate. Therefore, the standards revenue is necessary to complement dues revenue. The price schedule offers a 50% discount to IPC members. If your company buys IPC standards, why not take advantage of this and the many other benefits of IPC membership as well? For more information on membership in IPC, please visit www.ipc.org or call 847/790-5372.

Thank you for your continued support.



IPC-CH-65A

Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies

Developed by the Cleaning Handbook Subcommittee of the Cleaning and Coating Committee of IPC



Users of this standard are encouraged to participate in the development of future revisions.

Contact:

IPC
2215 Sanders Road
Northbrook, Illinois
60062-6135
Tel 847 509.9700
Fax 847 509.9798

Acknowledgment

Any Standard involving a complex technology draws material from a vast number of sources. While the principal members of the Cleaning Handbook Task Group (5-31d) of the IPC Cleaning and Coating Committee are shown below, it is not possible to include all of those who assisted in the evolution of this standard. To each of them, the members of the IPC extend their gratitude.

Cleaning and Coating Committee

Chair
Dr. Frank R. Cala
Church & Dwight

Cleaning Handbook Task Group

Chair
Dr. Frank R. Cala
Church & Dwight

Technical Liaisons of the IPC Board of Directors

Stan Plzak
Pensar Corp.

Peter J. Murphy
Parlex Corp.

A Special Note of Appreciation

The following core group has volunteered much of their time and has made significant contributions to this document.

Beth A. Bivins, Petroferm Inc.
Dr. Frank R. Cala, Church & Dwight
Peter Marc Carter, Rockwell Collins
Alan S. Cash, Northrop Grumman Corporation
Brian N. Ellis, Protonique S.A.
Joe R. Felty, Raytheon Systems Company
Dr. William G. Kenyon, Global Centre for Process Change
Jeffry F. Koon, Raytheon Systems Company
Terry L. Munson, CSL Inc.
Mahendra K. Sharma, Eastman Chemical Company
Dr. John E. Sohn, Lucent Technologies Inc.

Cleaning Handbook Task Group

David C. Adams, Rockwell Collins
John Sparks, U.S. EPA/OPPT
Edward Masami Aoki, Hewlett Packard Laboratories
David L. Arivett, Dynamic Details, Inc.
Iris Artaki, Lucent Technologies Inc.
Thomas R. Barrett, Legend Technical Services Inc.
Dr. Yehuda Baskin, Superior Flux & Manufacturing Co.
Terry Basye, Cincinnati Electronics Corp.
Beth A. Bivins, Petroferm Inc.
Rex L. Breunsbach, Electronic Controls Design Inc.
Dr. Frank R. Cala, Church & Dwight Co. Inc.
Thomas A. Carroll, Hughes Space & Communications Co
Peter Marc Carter, Rockwell Collins
Alan S. Cash, Northrop Grumman Corporation
Suae-chen Chang, Albemarle Corporation
Robert Cooley, Stryker Instruments
Edward C. Couble, Shipley Ronal
Frances B. Crocram, Great Lakes Chemical Corp.
Duncan Culver, Telcordia Technologies
Brian Deram, Kester Solder Division
Andrew Dobbs, Motorola SSTG
Bernard Ecker, Litton Guidance & Control Systems
Donald A. Elliott, Elliott Technologies Inc.
Brian N. Ellis, Protonique S.A.
Michael J. Engler, Hughes Space & Communications
Roger Etherington, Vulcan Chemicals
Howard S. Feldmesser, Johns Hopkins University
Joe R. Felty, Raytheon Systems Company
Constantino J. Gonzalez, ACME, Inc.
Dr. Leslie A. Guth, Lucent Technologies Inc.
Bill Haines, Trek Industries Inc.
Robert J. Hall, Calumet Electronics Corp.
Dr. Michael E. Hayes, Petroferm Inc.
Kenneth S. Hill, Raytheon Systems Company
Saundra L. Hillman, Eastman Chemical Company
J. Sc Horton, Lucent Technologies Inc.
Les Hymes, The Complete Connection
Martin W. Jawitz, Eimer Company
Sue A. Jones, Compaq Computer Corporation
Joseph E. Kane, Lockheed Martin Corporation
Donald Karp, Trace Laboratories - Central
Mario Kasilag, Aerojet Electronic Sys.

Gerald W. Kenealey, GWK Enterprises Inc.

Dr. William G. Kenyon, Global Centre for Process Change

Jeffry F. Koon, Raytheon Systems Company

Vijay Kumar, Lockheed Martin Electronics & Missiles

Thomas W. Lecky, Van Waters & Rogers Inc.

James F. Maguire, Boeing Defense & Space Group

David Maitland, CYKEM-G

Susan S. Mansilla, Robisan Laboratory Inc.

Jim McLenaghan, Alpha Metals Inc.

Evelyn A. Moore, Maryland MPC, LLC

James R. Mulligan, E. I. du Pont de Nemours and Co.

Terry L. Munson, CSL Inc.

Michele Nelson, 3M Company

Beverly Newton, Dionex Corporation

Richard D. Nicholas, Enthone-OMI Inc.

David Nicol, Lucent Technologies Inc.

Robin L. O'Connor, Delphi Delco Electronics Systems

R.. Bruce Officer, Sanders, A Lockheed Martin Co.

Deepak Pai, General Dynamics Information Sys., Inc.

Nitin B. Parekh, Unisys Corporation

E. Harry Parkinson, Compaq Computer Corporation

Douglas O. Pauls, CSL Inc.

Ron Payne, Primex Aerospace Company

Sandra Petty-Weeks, Motorola Inc.

Charles M. Pitarys, Kyzen Corporation

Bill Pozivilko, IBM Corp.

Jim R. Reed, Raytheon Systems Company

Rick Reynolds, Precision Cleaning for Advanced Technologies Magazine

Paul J. Roselle, Lockheed Martin Corporation

John F. Russo, Separation Technologists Inc.

Steve Scherrer, Great Lakes Chemical Corp.

Mahendra K. Sharma, Eastman Chemical Company

Xianyu Shea, Stryker Instruments

Samuel W. Shoemaker, Morton International

Tim Skidmore, Multicore Solders, Inc.

Joseph T. Slanina, AlliedSignal Aerospace

Ronald A. Smith, Eastman Chemical Company

Dr. John E. Sohn, Lucent Technologies Inc.

John Stemniski, Charles Stark Draper Labs

Carl J. Tautscher, Tautscher & Associates

Dr. Laura J. Turbini, Georgia Institute of Technology

Nick Virmani, Naval Research Lab

John S. Williamson, U.S. Air Force

Lee R. Wilmot, Hadco Corporation

Philip W. Wittmer, Delphi Delco Electronics Systems

Table of Contents

Figures

Tables

This Page Intentionally Left Blank

Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies

1 BACKGROUND

This revision of IPC-CH-65 covers cleaning of both bare boards and assemblies. It is intended to be a road map to cleaning which covers both current and emerging technologies.

When the IPC-CH-65 guide was first published in December 1990, the world of electronics was quite different than it is today. At that time, through-hole was king and low residue flux used with a no-clean process was at a very early stage on the learning curve. Nothing much more difficult than 50-mil pitch was normally encountered and this pitch could hardly be imagined as being in the form of a package such as a Ball Grid Array (BGA). Similarly, board fabrication was a simpler process with fewer options.

Cleanliness requirements for both assemblies and board fabrication were not as demanding in 1990 as they are today. Relatively wide line traces on the boards and larger pitches on the components made the removal of troublesome residues less demanding and more forgiving. Importantly, less than adequate cleaning of bare boards prior to use by the assembler did not pose a significant problem, only because the completed assemblies were normally washed.

The choice of cleaning agents was much more limited when this manual was first published. Chlorinated solvents were still used widely and there were few, if any, new offerings from the cleaning agent vendors. Many of today's cleaning agent manufacturers had not yet started, or were just beginning, to research on cleaning products designed to meet the needs for cleaning electronic assemblies. Semi-aqueous, two step cleaning systems (e.g., solvent wash plus water rinse) had been introduced relatively recently. Aqueous, inorganic based saponifiers were not yet part of the electronics cleaning picture. Solvents such as hydrofluorocarbons (HFCs) hydrofluoroethers (HFEs), volatile methyl siloxanes (VMSs) and n-propyl bromide (nPB) were developed relatively recently.

With the exception of ozone depletion, environmental issues and worker safety were not nearly as fully understood or regulated as they are today. Volatile organic components (VOCs) regulations, for example, were just beginning to impact operations and, overall, were not as demanding as they are today. An analogous situation existed for waste disposal and close-looping, with the additional complication that treatment processes were in the process of being developed for this field.

While the world of assembly and fabrication cleaning needs has become significantly more challenging and complex during the decade of the 90s, it can safely be said that modern cleaning technology is up to the task. Much has been learned in recent years regarding assembly and bare board cleaning. Many papers have been written and/or published over the past few years regarding the cleaning needs for devices such as flip chips, BGAs, as well as the cleanliness requirements and risks associated with the low residue, no-clean approach. The '90s have also witnessed important improvements in the efficacy of cleaning equipment. Waste treatment and close-looping are fairly well understood technologies at this point in time.

1.1 Purpose The purpose of IPC-CH-65A is to serve as an updated, user-friendly road map for both fabrication and assembly cleaning. The key words are "updated," "user-friendly" and "road map."

1.2 Scope This manual is a road map for current and developing cleaning issues, rather than to function as a highly detailed document for all areas touched on. In areas of cleaning where recent detailed IPC manuals already exist, the relevant sections in IPC-CH-65A will contain only sufficient information to make the reader reasonably knowledgeable. This guideline manual will refer the reader to appropriate existing IPC documents (where they exist) for in-depth information on the particular subject. An example of such a reference IPC manual is IPC-AC-62, *Aqueous Cleaning Handbook.* It is only where existing IPC documents are not available that IPC-CH-65A will expand information beyond the basics in order to cover what is currently known about the subject. A benefit of this approach is that the manual does not become unwieldy and tends to foster a user-friendly environment.

Both bare board fabrication and assembly cleanliness issues are addressed. The fabrication and assembly sections are separated for ease of access. In the original IPC-CH-65, these sections were very much intertwined. However, it was recognized that for a subject such as the required cleanliness of finished bare boards, basically redundant teachings are required for both the fabrication and assembly sections.

The fabrication section starts off by covering general issues, as well as the sources and nature of residues. It then covers various cleaning steps that occur during fabrication of printed circuit boards (or more correctly, substrates). Fabrication cleaning takes into consideration the specific needs associated with a number of new surface finishes. It is important to note that for bare boards destined for no-clean assembly, the cleanliness requirements for finished bare boards have increased dramatically in importance. This is particularly the situation for Hot Air Solder Leveling (HASL) processed boards.

The assembly section also starts off by discussing general issues and the sources and nature of residues. It covers each of the processes for assembling boards, as well as the associated cleaning issues. This section includes a discussion of cleaning media and equipment. Obviously, this is an extremely important area, wherein the reader will be made aware of their wide array of options. Importantly, post hand soldering and post repair soldering cleaning are also included.

While the primary focus of this manual is fabrication and assembly cleaning, key related subjects are found in other sections. Modern cleaning cannot be properly discussed without also addressing the issues of worker safety and the environment.

1.3 Current and Emerging Cleaning and Related Issues For a number of reasons, most notably the advent of low residue (i.e., no-clean) flux/paste, there is a too common misconception that cleaning is becoming a concern of the past. Those who truly understand the nature and the demands of today's technologies, however, do not generally foster this fallacy.

The reality is that the overall need for cleaning has not diminished. Cleaning needs have either shifted or remained where they were and, in addition, new needs have developed. For example, those who are knowledgeable about low residue assembly teach that no-clean process does not mean no cleaning. Cleaning plays a key role in the successful implementation of a no-clean process. Low residue assembly has simply shifted cleaning from the assembly stage, back to the bare board fabrication and even the component manufacturing stages.

A need has even developed to clean low residue assemblies prior to shipment. Contract assemblers performing low residue soldering have found that some customers demand cleaned assemblies, regardless of the nature of the flux used to perform the assembly operation. While some (not all) flux/paste manufacturers state that low residue fluxes/pastes should not be cleaned, the reality is that there are assemblers who are cleaning certain "no-cleans" with specific cleaning agents.

For many in the assembly community, the no-clean approach is often not a viable option. Operations often cannot adhere to the requirements of a no-clean process or they simply have assemblies that must be cleaned to meet performance expectations.

Continuing developments in the area of surface mount (SMT) have brought about additional cleaning needs. Spaces on electronic assemblies have become increasingly confined. Both cleaning agents and equipment have managed to meet this challenge. Currently, cleaning under BGAs does not appear to be a problem because of their relatively high standoff height and ball pitch. If difficulties do arise in the future, they will likely be because BGAs acquire such a large number of I/O balls that washing, rinsing or drying becomes significantly more of a challenge. There is also an emerging need for cleaning under flip-chips in order to ensure the adherence of underfill. Similarly, cleaning is still an important operation for the optimum performance of conformal coatings.

The ability to effectively clean stencils has become significantly more important. Greater demands on stencil printing have emerged with the advent of fine and ultrafine parts, as well as ball grid arrays. Clean stencils are a must in delivering the proper amount of paste. A partially or fully obstructed aperture on a stencil is more likely to occur with today's finer pitch devices. It has been estimated that approximately 70% of SMT solder defects are due to solder paste printing problems.

Environmental and worker safety issues are very much a part of the today's cleaning picture. Fabricators and assemblers alike must consider factors such as VOCs, BODs, CODs (Volatile Organic Compounds, Biological Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand, respectively), waste water treatment, heavy metals, close-looping and pH. Because of demanding official regulations (federal and/or local), it can be one or more of these factors that determine the choice of a cleaning system. (See Section 3.)

1.4 Terms and Definitions Terms and definitions used herein are in accordance with IPC-T-50, except as otherwise specified.

Solvent Cleaning* – The removal of organic and inorganic soils using a blend of polar and nonpolar organic solvents.

Wash or Washing – The primary cleaning operation that removes undesirable impurities (contaminants) from surfaces by chemical and physical effect.

Rinse or Rinsing – A cleaning operation (usually following the wash step) where fresh cleaning medium replaces any residual contamination, leaving surfaces wet with pure cleaning medium.

Dry or Drying – The process of removing any residual cleaning medium on the surface of the washed and rinsed parts.

Assembly – A number of parts of subassemblies or any combination thereof joined together.

Note: Any definition denoted with an asterisk (*) is a reprint of the definition defined in IPC-T-50.

2 APPLICABLE DOCUMENTS

This section contains references to industry standards, federal regulations, test methods and vehicles that are applicable to cleaning of printed boards and assemblies. Not all of these are cross-referenced in the text. They are listed below for the convenience of the readers.

2.1 IPC[1]

IPC-B-24 Surface Insulation Resistance Test Board

IPC-B-25 Multipurpose 1 & 2 Sided Test Board

IPC-B-36 Cleaning Alternatives Test Board

IPC-SC-60 Post Solder Solvent Cleaning Handbook

IPC-SA-61 Post Solder Semiaqueous Cleaning Handbook

IPC-AC-62A Post Solder Aqueous Cleaning Handbook

IPC-CS-70 Guidelines for Chemical Handling Safety in Printed Board Manufacture

IPC-PC-90 General Requirements for Implementation of Statistical Process Control

IPC-FC-231 Flexible Bare Dielectrics for Use in Flexible Printed Wiring

IPC-FC-232 Specification for Adhesive Coated Dielectric Films for Use as Cover Sheets for Flexible Printed Wiring

IPC-FC-241 Flexible Metal-Clad Dielectrics for Use in Fabrication of Flexible Printed Wiring

IPC-D-249 Design Standard for Flexible Single and Double-Sided Printed Boards

IPC-TR-580 Cleaning and Cleanliness Test Program Phase 1 Test Results

IPC-A-600 Acceptability of Printed Boards

IPC-A-610 Acceptability of Printed Board Assemblies

IPC-TM-650 Test Methods Manual[2]

2.3.1.1 Chemical Cleaning of Metal Clad Laminate

2.3.25 Detection and Measurement of Ionizable Surface Contaminations

2.3.27 Cleanliness Test – Residual Rosin

2.3.28 Ionic Analysis of Circuit Boards, Ion Chromatography Method

2.3.38 Surface Organic Contaminant Detection Test

2.3.39 Surface Organic Contaminant Identification Test (Infrared Analytical Method)

2.5.27 Surface Insulation Resistance of Raw Printed Wiring Board Material

2.6.3.1 Moisture and Insulation Resistance Polymeric Solder Masks and Conformal Coating

2.6.3.3 Surface Insulation Resistance, Fluxes

IPC-6012 Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards

2.2 Joint Standards[1]

J-STD-001 Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies

J-STD-002 Solderability Tests for Component Leads, Terminations, Lugs, Terminals and Wires

J-STD-003 Solderability Tests for Printed Boards

J-STD-004 Requirements for Soldering Fluxes

J-STD-005 Requirements for Soldering Pastes

J-STD-006 Requirements for Electronic Grade Solder Alloys and Fluxed and Non-Fluxed Solid Solders for Electronic Soldering Applications

2.3 Telcordia Technologies[3] (Formerly Bellcore)

GR-78-CORE Issue 1, September 1997

2.4 Occupational Safety and Health Administration (OSHA)[4]

OSHA 29 CFR 1910.1000 Air Contaminants

OSHA 29 CFR 1910.134 Respiratory Protection

OSHA 29 CFR 1910.106 Flammable and Combustible Liquids

2.5 Environmental Protection Agency (EPA)[5]

EPA 40 CFR 355.30 (b) Emergency Release Notification

EPA 40 CFR 370.20 Hazardous Chemical Reporting: Community Right To Know - Applicability

EPA 40 CFR 370.21 Hazardous Chemical Reporting: Community Right To Know - MSDS Reporting

EPA 40 CFR 370.25 Hazardous Chemical Reporting: Community Right To Know - Inventory Reporting

EPA 40 CFR 423 Steam Electric Power Generating Point Source Category

EPA 40 CFR 433 Metal Finishing Point Source Category

1. IPC, 2215 Sanders Road, Northbrook, IL 60062
2. Current and revised IPC Test Methods are available through IPC-TM-650 subscription and on the IPC Web site (www.ipc.org/html/testmethods.htm).
3. Telcordia Technologies, 445 South Street, Morristown, NJ 07960-6438
4. OSHA, Public Affairs Office - Room: 3647, 200 Constitution Avenue, Washington, DC 20210
5. EPA, 401 Main Street SW, Washington, DC 20460-0003

2.6 National Fire Protection Association (NFPA)[6]

NFPA 35 Standard for the Manufacture of Organic Coatings

2.7 American National Standards Institute (ANSI), American Society for Quality Control (ASQC)[7]

ANSI/ASQC Z-1.15 Generic Guidelines for Quality Systems

3 SAFETY AND ENVIRONMENTAL

Although Chapter 3 is specifically concerned with US legislation and codes of practice, most other nations have similar regulations in some form or another. They may be more or less severe and may be applied differently. The general theme of this chapter is universally applicable, but it should be read with local regulations in mind and an attention to details.

For in-depth information on the safety and environmental issues involved in the various approaches to cleaning, it is strongly recommended that the reader consult the individual IPC manuals for post solder aqueous (IPC-AC-62), semiaqueous (IPC-SA-61) or solvent cleaning (IPC-SC-60).

3.1 Safety Cleaning agents are chemicals. As such they are subject to the rules and regulations governing the use of chemicals in the work place. The law requires that any personnel who may work with semiaqueous cleaning agents and any other chemicals have access to the Material Safety Data Sheet (MSDS) for those materials. Users should always make themselves intimately knowledgeable of all the MSDS applicable to the materials in use. Conscientious suppliers provide an abundance of information to users on toxicity testing, health hazards, waste disposal, safe work practices, protective equipment, material reactivity and flammability, etc. These documents should be read and used.

The work area should be well ventilated and exposure to chemicals should be minimized. It is important for worker safety that vapors of chemical used in the manufacturing area be maintained below the maximum threshold limit value (TLV). It is a legal requirement to maintain worker exposure to solvent vapors at or below the Permissible Exposure Limit (PEL) for eight-hour exposures, and at or below the Short Term Exposure Limit (STEL) for shorter time periods (typically 15 minutes) as published by Occupational Safety and Health Administration (OSHA) in the air contaminants section of 29 CFR 1910.1000.

It is equally important to maintain worker exposures to solvent chemicals through proper local ventilation or work practices, or both, at or below the TLV for eight-hour exposures as published by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) and/or the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). This applies where OSHA has not established a PEL or STEL, OSHA requires that engineering controls (i.e., local ventilation) to be the primary method of controlling employee exposure, and requirement to wear personnel protective equipment (PPE) in the form of respirators to be used as a last resort if engineering controls fail to control exposures. Should wearing of respirators be required to adequately protect workers from vapors of cleaning solvents, the user is required to have a written respiratory protection plan. (Reference 29 CFR 1910.134)

Health effects in addition to potential inhalation hazards include irritation to, or corrosion of eye and skin tissues. An evaluation of eye and/or face protection requirement should be done. Skin irritation or corrosion may be a potential hazard and it can be prevented by wearing appropriate protective gloves. Proper equipment should be used when dispensing chemicals or cleaning equipment. Recommended protective equipment is listed in the MSDS that suppliers ship with the cleaning agents.

Factory Mutual (FM) and the National Fire Protection Association (NFPA) regard liquids with a flash point below 60°C [140°F] to be "flammable," and liquids whose flash point is above 60°C [140°F] but below 93.3°C [200°F] to be "combustible." Flammable liquids pose explosion hazards if their vapors are not properly removed by either local or general ventilation. Users of flammable solvent cleaners must also recognize that installations where these liquids are to be used must conform to certain construction standards such as explosion proof wiring, switches, lights, motors, etc. (Reference NFPA 35 and OSHA 29 CFR 1910.106.) Users of flammable liquids should also verify with their local fire department concerning the need for notification and permission of the use of these liquids. Notification is also required under EPA's Community Right to Know regulations 40 CFR 355.30(b), 370.20, 370.21 and 370.25 to report storage and usage of certain chemicals to both the local fire department and emergency planning commission.

For complete safety information, please refer to IPC-CS-70 "Guidelines for Chemical Handling Safety in Printed Board Manufacture." It should also be noted that when using any chemical, a current MSDS (as supplied by the chemical manufacturer) must always be reviewed.

3.2 Environmental The selection of a solvent cleaner must incorporate the inherent impact on air emissions, water discharges and waste generation from the facility.

6. NFPA, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101
7. ANSI, 11 West 42nd Street, New York, NY 10036

Each of these three environmental mediums may require a permit depending on the usage rate and existence of other air emissions, water discharges and waste generation at that facility.

All contaminants removed from the assemblies, together with detergents and perhaps rinsing aids will ultimately require disposal to some water system. The regulations controlling limits of what can and cannot be discharged from the plant are governed by local authorities. Analysis of the waste stream for biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), pH, lead and perhaps other heavy metals, total suspended solids (TSS), or other parameters will be necessary to determine compliance with local regulations. In some areas the effluent can be discharged to municipal systems without further treatment while in other areas the same waste stream would require extensive treatment. However, the trend over the years has been to become more restrictive in what is permitted in waste streams. A good starting reference for effluent guidelines is 40 CFR 423 and 40 CFR 433.

Generally, the discharge of any new wastewater stream, both by total flow and by chemical makeup, will require a permit from the local publicly owned treatment works (POTW) under the Clean Water Act (CWA). In addition, such a permit may also require co-current state approval (and in rare cases, regional EPA approval). Hence, it is imperative that any new or additional wastewater flow from a solvent cleaning process step be reviewed with local POTW officials BEFORE commencing the discharge of wastewater. Such a review may result in the POTW waiving the need for a permit, or in reducing the monitoring requirements of a required permit. If wastewater discharge to an on-site septic disposal system is contemplated, any such groundwater discharges must be reviewed with the facility's state groundwater protection bureau on the need for a groundwater discharge permit. Extreme caution must be exercised in discharging wastewater containing cleaning solvents, as contaminated groundwater and possible soils may result, which can be extremely costly to remediate.

The environmental concerns for air pollution or waste water contamination from cleaning operations are regulated at the federal level but usually states and local districts have additional requirements of their own. The user should be familiar with who the local authorities are for current regulations, both for worker exposure and emissions or discharges from the equipment.

4 DESIGN FOR CLEANING COMPATIBILITY

For bare boards, the design has little influence on the ability to clean. On the other hand, unsuitable design and layout of assemblies often cause difficulties in cleaning.

As for soldering, layout of the assembly should be designed for ease of manufacture. This means that the designer (CAD operator) must be aware of the manufacturing process and its limitations. As a general rule, through-hole assemblies offer fewer problems than surface mount assemblies do and, in particular, those on high-density interconnection structure (HDIS) substrates.

In some cases, there may be a conflict between the requirements for a good electrical design, a good layout for soldering and a good layout for cleaning. In these cases, the designer should attempt to find an adequate compromise but the shop floor personnel must be warned that some problems may be expected. By altering the equipment parameters, it may be possible to overcome or reduce the problems engendered by the compromise. The following paragraphs will therefore ignore the requirements of electrical design and soldering.

When cleaning of high-density surface mount assemblies is required, the CAD system should be tuned to ensure that every opportunity is taken to enhance the ability to clean. This may mean that components should always be oriented in a specific direction and, in order to achieve this, it may be necessary to have one or more extra signal layers. If this is undesirable for economical reasons, then it may be necessary to insert signal conductors in voltage or ground plane layers. In the case of HDIS circuits with microvias, it is usual to have the vias in the soldering pads. This eliminates the need of component fan-out ("dog bones"), permitting much higher component densities, which may seriously compromise the cleaning process with the present state of technology. On the other hand, it is unlikely that 'no-clean' processes will offer a better solution for high-reliability electronics, because the voltage gradients in such assemblies will be sufficiently high that flux residues will become highly stressed and premature breakdowns may occur.

It should be pointed out component packages with high pin counts will almost inevitably present the greatest difficulties. In particular, cleaning under ball grid arrays (BGAs) and chip scale packages (CSPs) with pin counts of several hundred or even more than one thousand may be almost impossible, even with the best materials, equipment and processes. In these cases, the designer should be warned that every effort must be made to ensure that cleaning is not impeded.

The cleaning processes available in the board fabrication and assembly shops should influence the design parameters. Listed below are a sampling of cleaning processes used by the industry and how board design issues influence their effectiveness.

4.1 Spray Processes When the cleaning medium, often aqueous, is sprayed on to the assembly, there should be minimal obstruction to the ingress of the spray under the components. Ideally, where there is a clear path between the spray nozzles and the component, the best cleaning is

achieved with high-energy jets and the best rinsing with fine sprays where the liquid droplet size is smaller than the space between the component and the substrate. This means that the ideal layout will be different according to the nature of the machine used for cleaning. Where assembly is done in-house, this does not present any great difficulty because it may be assumed that the same equipment will be used for all assemblies. Where assembly is contracted out to third parties, problems may arise because different contractors may have different equipment types. It would therefore be a wise precaution to decide before designing an assembly where it will be manufactured.

4.1.1 Batch Equipment As a general rule, most batch equipment for spraying is designed so that the circuits are held with the plane at an acute angle to the direction of spray. This is ideal on condition that no component shadows another component. The design should therefore be such that the tallest components should be situated farthest from the spray nozzles and the smallest components closest to the nozzles. This is frequently undesirable from the electrical point of view. In some cases, lower components occupying larger areas may offer a better solution, where it is possible to use them.

Passive components in the form of either chips or cylindrical through-hole types should be oriented so that their long axis is perpendicular to the direction of spray. Dual-inline and SOIC components should be oriented with their long axis along the line of spray. Components with connections along all four sides of a square, such as quad flat-packs or leadless ceramic chip carriers, should be oriented so that the leading edge is at 90° to the direction of spray, never at 45° (in this case, the solder joints would impede further the ingress of solvent).

4.1.2 Conveyor-Type Equipment In most cases, in-line and other conveyor-type machines have their spray jets perpendicular, or nearly so, to the assemblies being cleaned. This presents two distinct problems, compared with many batch machines, and offers additional constraints to the circuit designer. The first problem is that much of the kinetic energy imparted to the liquid by the pumps is dissipated when it strikes the surface of the assembly and before the cleaning action can take place. This slows down the flow of liquid, leading to puddling; especially if the design of the circuit is such that the flow is further slowed down by components damming the liquid. In this case, it is essential that the component placement offers the best evacuation of the liquid. Where puddling occurs, liquid will enter under the component by capillary forces, but there will never be any further circulation to remove the liquid or to replace it with clean solution. It is therefore desirable that the components be placed in distinct rows with space between them for the liquid to drain off the sides of the circuits. Where this is not possible and puddling does occur, it is frequently possible to mitigate the effects by reducing the solvent flow rate in the machine and reducing the conveyor speed.

Where possible the components should be oriented to the direction of the conveyor movement according to the same rules as are indicated in 4.1.1.

4.2 Immersion Equipment Of the three most common types of cleaning equipment where the assembly is immersed in the cleaning solvent, none of them necessarily offers a ready solution to easy circuit design.

4.2.1 "Spray-Under-Surface" Machines These are offered for both combustible organic solvents and aqueous systems. Unfortunately, the agitation to the solvent is very high close to the nozzles but is rapidly amortised within 10-20 cm [3.9-7.9 in] from them. Unless specific measures are taken, this may lead to an uneven cleaning quality. The component orientation should be similar to that mentioned in 4.1.1 but ideally the most critical components should be placed at or towards the edge of the circuit closest to the nozzles and shadowing should be minimized. Where a tall component impedes liquid flow, sufficient space should be provided behind it to allow the turbulence to reach leading edge of next component. As a rule of thumb, this space should be at least the height of the component.

4.2.2 Centrifugal Machines In reversing centrifugal machines, the average liquid flow is from the center to the outside and component orientation should be similar to that mentioned in 4.1.1 with this in mind. However, shadowing is a problem with this type of equipment and the circuits should always be oriented with the tallest components towards the outside.

4.2.3 Ultrasonic Machines Properly used ultrasonic cleaning offers the possibility of reasonable and uniform cleaning quality, almost without regard to component orientation within the cleaning bath. Cavitation must occur uniformly at the surface of the circuits for best results.

What is not commonly realized is that shadowing is a real problem at frequencies greater than 20 kHz. The ideal configuration is where no shadowing occurs, i.e., where the circuit is exposed individually between two transducers. In equipment with a single transducer at the bottom of the machine, the tallest components should be placed at the farthest point from it. Obviously, the single transducer system imposes greater design constraints than a multiple transducer configuration.

Users should be aware that there are several designs of transducers and methods of measuring ultrasonic power in the industry. Until there is agreement on some of these issues, there will be some controversy about ultrasonic cleaning.

5 BOARD FABRICATION

5.1 General The interconnection of electronics into assemblies brings together various types of pre-assembly materials, e.g., printed wiring boards, flexible circuits, ceramic substrates, components and attachments. Printed wiring boards, flexible and ceramic substrates are platforms that support the components and attachments.

It is to be noted that while the application of flexible circuitry as an alternative to rigid printed wiring substrates is developing relatively slowly, cleanliness concerns can be expected to be virtually identical for both flexible and rigid platforms. There are a number of IPC documents that discuss the utilization of flexible circuitry, e.g., IPC-D-249, IPC-FC-231, IPC-FC-232, and IPC-FC-241.

In order to address the cleanliness concerns, a familiarity with packaging materials, fabrication of electronic devices, processing of printed wiring laminates and circuits are desirable. Contaminant residues can be introduced to the final electronic assemblies by their initial presence on pre-assembly devices and materials independent of the assembly process. Refer to 5.4 for Cleanliness Test Methods and Recommended Limits. If contaminants are not removed from the components and printed wiring before assembly, there is no assurance they will be removed in assembly cleaning. In particular, if 'no-clean' techniques are used for assembly, it is essential that the boards and components are uncontaminated. This is even more important with High Density Interconnecting Structures (HDIS), as any residual contamination would be very highly stressed because of the small spacing (1998, down to 25 micrometers).

5.1.1 Flow Paths No two board fabricators manage their processes in exactly the same manner. It is therefore impossible to give here a detailed review of all the steps where contamination may be introduced. However, there are many common stages in most manufacturing plants and these are summarized below.

Table 5-1 shows most of the operations that are more or less common to all types of manufacture, although the order may vary according to specific requirements. Table 5-2 shows additional steps for conventional multilayer circuits and Table 5-3 indicates the additional steps for four different methods of manufacturing HDIS (microvia) circuits. The majority of these steps require a cleaning operation after each one.

Board fabrication requires sequential performance of a number of separate operations which include drilling, desmearing, resist application and removal, electroless copper, plating and etching. These operations expose the laminate to many different chemicals and conditions. The residues require removal to prevent interaction with subsequent process steps. Ideally, the residues will be completely removed by cleaning before the laminate enters the next stage. In practice, no-cleaning method is 100% efficient and all that can be hoped for is to reduce contaminants to an acceptable level. In addition, laminate surfaces will undergo progressive deterioration as unreacted or partially reacted resin constituents are selectively removed. Therefore, it is of great importance that not only are cleaning methods and chemicals compatible with the soils to be removed, but that solvent exposure in terms of time and temperature is kept to the minimum. This applies both to process chemicals and cleaning agents.

Table 5-1 Common Operations

Laminate
Shear/Panelization
Drill
Deburr
Electroless Copper
Clean
Apply Resist
Develop (Photoresist)
Etch
Strip Resist
Oxide
Pattern Plate
Reflow Tin/Lead
Solder Mask/Legend
Leveling
Cut

Table 5-2 Additional Steps for Conventional Multilayer Circuits

Surface Preparation
Oxidize
Stack
Press
Desmear/Cutback

Table 5-3 Additional Steps for HDIS (Microvia) Circuits

Method A	Method B	Method C	Method D
Add Copper/ Dielectric	Add Dielectric	Add Photo-dielectric	Add Copper/ dielectric
Laser Drill Copper	Laser Ablate	Expose/ Develop	Etch Resist
Laser Ablate	Surface Preparation	Surface Preparation	Develop
Electroless Copper	Add Copper	Add Copper	Etch
			Plasma/Laser Ablate
			Electroless Copper

Each of these steps will be taken in the order of the table. Possible contaminants present after the operation will be indicated and usual cleaning methods will be discussed.

Note: Certain modern circuits have had problems with trapped electrostatic charge. Such charges appear to be trapped on or within the substrate and the solder mask. Fabricators should be aware of this phenomenon and to take precautions as warranted.

5.2 Typical Fabrication Operations

5.2.1 Laminate This refers to the incoming laminate in sheet format.

5.2.1.1 Laminate Type Paper-based laminates are difficult to clean because of their high absorbency. Therefore, they are typically used in end-use applications that usually do not demand stringent cleanliness requirements. Glass reinforced laminates with polyester, epoxy, improved epoxy, polyamide and PTFE resin systems are easier to clean but will probably have to meet stricter requirements in terms of performance.

5.2.1.2 Incomplete Polymerization A completely polymerized resin is remarkably resistant to attack by most cleaning agents. However, complete polymerization is rarely achieved.

The causes of poor polymerization are:

a) Under cure

b) Poor mixing of resin components

c) Non-stoichiometric formulation of resin and hardener constituents in the polymer system

Incomplete polymerization results in some areas of the polymer being soluble in one or another of the agents to which it is exposed during processing. By definition, the outer layer of a cross-linked resin system is inevitably incompletely polymerized where it interfaces with the copper or release film, by boundary effect at a molecular level. Subsequent processing after etching will remove most monomeric materials but the surface may remain slightly porous. This incomplete cure may lead to the release of sodium chloride that is a by-product of the epoxy reaction which is normally safely embedded in the polymer matrix. Subsequent exposure to moisture could result in mobile chloride ions being present on the laminate surface. In addition, the resin surface may become absorbent and susceptible to trapping or holding contaminants. Incomplete polymerization, which is also characterized by a lower glass transition temperature (T_g), can also allow further entrapment of organic contaminants during fabrication and assembly. When due to (b) and (c) it cannot be remedied during the fabrication process.

5.2.1.3 Absorbed Layers Laminate resins are hydrophobic and repel water. In the presence of laminate, materials such as long chain surfactants will form monolayers of surfactant molecules on the laminate surface. Since the hydrophilic ends of the chain face outwards, wetting will be excellent giving the appearance of a clean surface; but surface insulation resistance will be low under humid conditions. These surfactants should be avoided for high reliability products. If a surfactant must be used, its bond strength to the resin should be weak enough to allow removal with a water rinse.

5.2.1.4 Attack on Coupling Agents To ensure good glass to resin bonding, glass fiber surfaces are normally treated with proprietary silane based coupling agents. When glass fibers coated with silane are exposed at resin surfaces or in plated-through holes, they are susceptible to hydrolysis accelerated by hydrochloric acid (HCl) based reagents. This reaction allows water penetration along glass fiber bundles and can lead to defects such as measling and conductive metal filament growth. These defects impact on the reliability of the circuit board.

5.2.1.5 Contaminants on Raw Material Contaminants such as anti-tarnish agents, smearing or exudation from release films or packing, oils from caul plates and other diverse handling soils may be present on the raw material surfaces.

5.2.1.6 Contaminant Prevention As a general rule, most fabricators do not take any measures at this stage, as the sheet sizes are too large for convenient handling and for most cleaning machinery.

5.2.2 Shearing/Panelization This consists of dividing sheets into conveniently sized working panels, often by, for example, guillotining them into e.g., four or six equal panels and punching or drilling registration holes.

5.2.2.1 Contaminants from Raw Material Processing Shearing and punching may introduce metal and laminate debris.

5.2.2.2 Surface Preparation This is really the first opportunity to clean the board surface of contaminants. Mold release agents and other oils used in the lamination process may be present on the copper clad panels when received from vendors. Some suppliers will use anti-tarnish agents to protect the copper surfaces; these should be removed before continuing the process.

5.2.2.3 Prevention At this stage, some fabricators do not perform a specific cleaning operation, except for simple "print-n-etch" circuits that are drilled after etching.

5.2.3 Drilling Metal and laminate debris can be formed during the drilling of holes or the punching of copper clad panels. In addition, packaging residues and particles from the environment are possible sources of contamination. In particular, laser ablation of microvias may leave residues around each hole.

5.2.3.1 Drilling Contaminants The contaminants introduced by drilling are all particulate.

5.2.3.2 Prevention Incomplete removal of debris will impact the quality of subsequent stages. It is therefore important to prevent their transmission onwards in the process. Vacuum or compressed air cleaning is possible, but removal in a solvent or aqueous solution is also possible, possibly with ultrasonic. If deburring is carried out, it may be considered preferable to wait until after deburring.

5.3 Cleaning Processes Specific to Board Fabrication

5.3.1 Mechanical Cleaning This refers to the physical removal of the outer surface to be cleaned by some mechanical process, thereby exposing the fresh, clean surface underneath. The methods used to clean in this manner are abrasive in nature, with the difference being how the abrasion is accomplished. With all abrasive cleaning processes, there is a real risk of implanting abrasive particles into the metal surface and the insulating substrate.

In the metal surface, the main problem engendered is that the solderability may be reduced, with consequent dewetting. This may be mitigated by giving the metal a light surface etch (e.g., 3 µm removal with a persulfate solution, if the metal is copper) followed by a very energetic wash and rinse to displace the released abrasive particles.

There are four main methods used on nonsolderable surfaces:

1. Abrasive brushes
2. Pads
3. Impact slurries
4. Slurries with soft brushes

Note: Do not use abrasive cleaning on solderable surfaces. A surface that is tinned, reflowed, leveled or plated with a metal, such as gold, is considered a solderable surface and abrasive residues may impact solderability or surface insulation resistance.

These cleaning techniques are applicable to laminate before primary imaging, or circuit patterns before solder mask application. They cannot be used after any components are attached owing to the abrasive nature of the process.

5.3.1.1 Bristle Brushes Bristle brush cleaners consist of long horizontal brushes rotating in contact with the board surface. The brushes are made of stiff nylon bristles with bits of silicon carbide embedded in the bristles. As the board moves under the brush, the bristles rotate against it, abrading away surface contaminants and some of the surface itself. Water flushes serve to lubricate and cool the brushes, as well as wash away the removed contaminants.

The biggest advantage of mechanical brushing is its ease of use and its relatively low cost when compared to other cleaning methods. It is the most efficient and cost effective way to clean large volumes of panels in the least amount of time. The equipment is compact, self-contained, uses very little floor space, and does not involve monitoring and disposal of chemicals.

Despite the convenience and low cost, there are disadvantages to this cleaning method. It is very easy to remove too much metal, especially from the edges of holes where the brush pressure is the highest. It is possible to stretch inner layer cores enough to throw the tooling marks out of register if extreme care is not taken. Flexible material such as polyimide is frequently damaged or destroyed by wrapping around the brushes.

Bristle brushes should not be used on any soft metal (tin, tin/lead, etc.) or on boards with a solder mask because of severe effects on the surface. Also, the component side of populated boards cannot be cleaned with bristle brushes due to potential damaging of components (i.e., ink markings removed, etc.). An additional disadvantage to using bristle brushes: when scrubbing boards prior to solder mask, slivers may break away from the edges of the circuits. These are extremely small and cannot be seen without the aid of a 100X microscope. This is typically not a problem until you are producing a board with less than 0.2 mm [7.9 mil] spacing. Then they cause low resistance and intermittent shorts.

Another problem is that brush-abrasive cleaning may smear dielectric onto the conductors, causing a number of potential problems in subsequent processes. Brushes used for etched circuits should not be used for cleaning unetched copper-clad laminate. Finally, if too much brush pressure is used or if cooling water flow is inadequate, the nylon brush material can be "smeared" on the board surface, leaving an invisible residue that is almost impossible to see or remove.

5.3.1.2 Pad Brushes (Compressed Pad Brushes) Pad brushes are porous, felt-like materials with abrasive grits bonded to the surface. They operate in equipment similar to the bristle brushes, but because the pad contains water in the porous structure, cooling at the scrubbing surface is less of a problem.

Pad brushes have advantages over other methods because the fibers are closer together, so more abrasives are presented to the work surface. Also, the compressed disks that form the brush allow more pressure to be applied to the

work surface. Pad brushes tend to give a more uniform finish than bristle brushes. For this reason they are sometimes used for inner layers.

As for disadvantages, frequent checks for wear on the pad brushes are required for uniformity and replacement. As the pad wears, fibers may be deposited in holes that might be present on the board surface. Consequently, a fairly high spray pressure (up to 1.4MPa or 200 psig) is necessary to remove these fibers from the holes. Like bristle brushes, pads may cause distortion of the surface being cleaned and they cannot be used to clean any soft metal such as tin, tin/lead, solder mask, or surfaces that are coated with an organic coating.

5.3.1.3 Impact Slurries This cleaning process uses slurry of pumice or metal oxides in water that is pumped through nozzles to impact on a surface to provide abrasive action. The grit size of pumice used is usually 3F or 4F. This fine grit is hard to rinse and a spray pressure of about 1.4MPa (200 psig) is required to adequately rinse a board.

Compared to either bristle or pad brushes, the major advantage of impact slurry process is the ease of control. This is because:

- No separate water coolant is required
- No chance of nylon smear from brushes
- Brush pressure is not critical
- No pad or brush particles to get caught in a drilled hole

In addition, the process provides a more uniform surface than that obtained from brushes. This is most important where finer resolution is required (0.10 mm [0.004 in]). Further, the impact slurry tends to reduce distortion of the board, again an advantage with finer conductor lines and spaces.

However, there are disadvantages to this process. Rinsing of the boards can be a problem, and high-pressure water sprays (≅ 1.4MPa or 200 psig) are necessary to remove the fine particles of pumice and possible embedded particles from metal surface. Another disadvantage is that impact slurries cannot be used for very thin material. With pumice, significant amounts of solid waste are generated.

5.3.1.4 Slurries with Brushes This process uses the same kind of slurry as the impact spray but has soft nylon brushes that oscillate on the board surface to impart abrasive action from the slurry.

This process has the same general advantages as the impact slurry, plus equipment maintenance is less of a problem because no high pressure pumping is necessary.

Rinsing problem is the disadvantage of this process, such that water sprays alone are not satisfactory. A water rinse with similar soft brushes for agitation is necessary to remove all particles.

5.3.2 Chemical Cleaning In this section, cleaning processes will be covered in two groupings:

- Cleaning and etching boards using harsh chemicals
- Cleaning and etching boards using plasma

5.3.2.1 Cleaning Bare Boards for Oxide Removal Using Harsh Chemicals This is frequently referred to as surface preparation and is an alternative to the mechanical cleaning previously described. It is used very commonly where the circuit pattern has already been formed and mechanical scrubbing could damage the pattern. Solutions currently used are usually hydrogen peroxide/sulfuric acid, cupric chloride or ammonium/potassium persulfate. All of these solutions work by dissolving copper oxides and/or other copper compounds on the surface, together with a small amount of the underlying copper surface. The resulting surface is extremely reactive and may be passivated with a solution of 3 to 5% citric acid/5% sulfuric acid or something equivalent to prevent surface oxidation. In other situations (as for inner layers or before applying a permanent solder mask), forming a light coating of some copper oxide (brown, red or black) is desired to provide better adhesion. In either case, a final thorough rinsing with water, finishing with deionized water and complete drying is necessary to avoid water spotting or stains.

5.3.2.2 Plasma Processing for Cleaning and Etching Surfaces Plasma processing (the use of an ionized gas to interact mechanically or chemically with a surface) is a dry processing technique applicable for the treatment of surfaces to modify their surface energy and/or reactivity. Plasma processing, when executed properly, is the one cleaning process which leaves a surface microscopically free of organic contaminants (will not be effective on inorganic contamination or particulates). By using proper plasma treatment, most polymer surfaces can be modified to be either hydrophobic or hydrophilic, acidific or basic. Adhesion and/or wettability can also be tailored to meet subsequent requirements. Example of a commonly used plasma treatment in the printed circuit industry is an oxygen plasma surface treatment of Kapton® to enhance the application of a liquid adhesive. This plasma treatment improves the wettability of Kapton® and eliminates surface voids caused by spotty adhesive coverage.

Plasma processing can also etch (chemically react with) polymer surfaces to remove residues left by other process steps. One example is the removal of polymer smeared onto the sidewalls of a multilayer board by the through-hole drilling operation. An oxygen plasma reacts with carbon polymer chain, removing carbon as carbon monoxide or carbon dioxide. Also, after photoprinting and developing, a thin residue may remain over areas which should be free of photoresist. Oxygen plasma can be used to remove the residues and clean the underlying surface. This is a very successful technique for cleaning surface mount pads.

When a low-pressure gas is subjected to a high-energy input, typically radio frequency or microwave energy, the gas dissociates and ionizes through collisions with high-energy electrons. This mixture of electrons, unreacted gas, neutral and ionic atomic and molecular fragments is termed a plasma. Even though the starting gas may be chemically inert, the fragments can be highly reactive, allowing a variety of chemical processes to occur. For example, although the reaction of molecular oxygen with polymers at room temperature is generally slow; oxygen plasma at room temperature can "burn," or remove polymer with a reaction only possible at much higher temperatures for molecular oxygen. (See Equation 1.)

Equation 1

$$O_2 \rightarrow 2O^*$$
$$C_xH_y \text{ (polymer)} + (2x + y)\ O^* \rightarrow xCO_2 + (y/2)\ H_2O$$

Note: O^* = oxygen ion.

Thus, plasma processing is often described as being "low temperature," since the reactive fragments themselves generally have temperatures of, at most, a few hundred degrees Celsius (and often, quite close to ambient).

5.3.3 Aqueous Based Cleaning These operations usually follow hot air solder leveling or solder reflow operations. Contamination to be removed is typically a water-soluble fusing fluid or flux, so a water or water/detergent solution is used for cleaning. The equipment is an automated horizontal belt conveyor that goes through a cycle such as wash, rinse, blow-off and dry. Agitation is by liquid sprays on the board but occasionally brushes are used. Additional rinses and blow-offs can be added where better cleanliness is required.

5.4 Cleanliness Test Methods and Recommended Limits Final bare board cleanliness (i.e., the cleanliness of the bare board as it leaves the premises of the fabricator) is a more important issue today than it has ever been in the past. The reason for this significant increase in interest has been the expanded use of low residue or no-clean soldering process. The success of no-clean process depends directly on the degree of cleanliness of incoming bare boards.

Currently, an IPC specification for final bare board cleanliness does not exist. IPC-6012 gives a total ionics specification for noncoated rigid boards prior to solder resist application. That specification does not, and was not intended to, address the cleanliness requirements of bare boards to be utilized in low residue soldering process. This is not a good situation given the importance of this subject in the practice of low residue assembly. It is our understanding that individual corporations have indeed set company standards for the cleanliness of incoming parts and these standards vary depending on the assembly being built. However, the assembly community is generally at a loss for not knowing just how clean the incoming parts have to be for low residue assembly processes.

To provide guidance on the desired cleanliness for bare boards, an IPC task group has been convened with a goal of determining satisfactory test methods for measuring bare board contamination and giving guidance with respect to the required level of cleanliness for low residue soldering. The group doing this work is the Bare Board Cleanliness Assessment Task Group (5-32c). This is a work in progress and the reader should refer to documents that will be published by IPC as they are developed. Additional information on cleanliness requirements can be found in the assembly section. (See 6.3.1, Pre-Soldering.)

6 ASSEMBLY

6.1 General Issues Regardless of whether or not cleaning is performed at the assembly stage, the finished assembly must not contain residues which could result in premature failure of the assembly in the working environment. If a low residue soldering process is used and cleaning is not performed at the assembly stage, this means the incoming parts must be free of potentially harmful residues. In other words, the fabricated boards must be properly cleaned. It also means that contamination must not occur during either hand soldering or repair.

Considerations for cleaning and the ease of defluxing start with the nature of soldering operation and components to be assembled. Normally, a foam-fluxed, through-hole wave soldered assembly would be easier to clean than a high density, fine pitch surface mount assembly. However, the relative ease of cleaning could differ if the wave soldered, through-hole assemblies were held for an extended period prior to defluxing, whereas the surface mount assemblies were cleaned immediately after assembly. Similarly, BGA components would be easier to clean than ultra fine pitch components. Overheating assemblies could yield a residue that is much more difficult to be removed. Obviously, the more aggressive the flux and the tighter the spacing between leads and/or electronic tracings, the greater the degree of cleanliness required.

The choice of cleaning media and equipment is determined by a number of factors in addition to the ability to deflux. The system must be able to clean but it must also be able to meet economic, worker safety and environmental considerations. Local VOC emissions could determine the choice of cleaning media and/or equipment. Similarly, wastewater regulations may require the use of a low BOD cleaning media. If an assembler cannot safely store and handle flammable materials, a nonflammable media would likely be a preferred choice. In addition, the cleaning agent must be compatible with the assembly materials and the washing equipment itself.



6.2 Residues: Nature and Scope

6.2.1 Incoming Parts

6.2.1.1 Components Nonpolar residues that may be found on components prior to the assembly operation may be in the form of particulates, oils, or films.

Particulate matter can be of a variety of types depending on the assembly and storage conditions. Examples of particulates from assembly processes are dust left from blast deflashing after part molding. Common materials used for deflashing include ground plastics and shells from various nuts, e.g., walnuts. Particulate matter from storage may come from the surrounding environment or the packing that parts are stored in. Environmental contaminants may include ash, soot, or silica based grit. Packing contamination will usually be plastic or paper with occasional metal particles.

Oil contamination may also come from assembly or storage of the part. Assembly oils may include metal processing oils. If handling is counted as an assembly operation, skin oils and hand creams may be present. Mold release agents may also take the form of oils on the part. Storage contamination from oily materials may come from the atmosphere; e.g., oil mists from a compressor, poorly chosen packing materials, and on hopefully rare occasions, spills.

Films on the part are usually assembly related. Here film is defined as a material that is resistant to removal by a simple cleaning method such as wiping or alcohol soaks. Films are most often the result of a bleed out of the molding material onto the lead frame of the part. This molding material can be both difficult to detect and remove.

Polar residues may be found on incoming parts as a result of either assembly or handling. Incomplete cleaning during assembly may result in plating or flux residues on the parts. Handling residues will most likely be polar residues from skin contact.

Another source of contamination on incoming parts is the presence of sulfur either from atmospheric contamination or from paper packing materials. The reaction of sulfur with the lead frames can result in solderability problems during assembly.

6.2.1.1.1 Contamination from Components Component leads and lead frames may be of various metals and alloys, some of which are difficult to solder. It is common practice to apply a solder coating to the leads by hot solder dip or solder wave using an aggressive flux. This ensures lead solderability prior to assembly. Flux residues should be properly removed as soon as possible. This cannot, however, be guaranteed. Therefore, it is advisable to check incoming components for ionic contamination, at least until the reliability of the supplier has been established. Similarly, components with plated leads that have not been solder coated may be contaminated with ionic residues from plating solutions. In addition, electromechanical devices such as variable capacitors, switches, and potentiometers may have been lubricated. If these lubricants escape, they may cause poor adhesion of conformal coatings in neighboring areas.

6.2.1.1.2 Component Degradation Cleaning operations after soldering should be chosen on the basis of degree of cleanliness required, type of flux residue to be removed, and accessibility of this residue to cleaning solvents. Components must be chosen to match the cleaning process, rather than the process modified to suit the components. Certain components, such as open relays, suffer ingress of contaminant-laden solvent but do not allow its easy removal. These components must be identified as not cleanable and only attached after the cleaning operation. It is unfortunate that no specification exists which allows classification of components on the basis of their ability to be cleaned.

6.2.1.1.3 Other Component Cleaning Considerations Traps are most likely to occur at the points where leads enter component's body, especially with molded plastic components. For mounted components, it is essential that a sufficient gap is provided for access of cleaning solvents between component and board. This is not always achievable, especially for surface mounted components. It is doubtful whether assemblies with large chip components mounted less than 0.25 mm [9.8 mil] above the substrate can be cleaned effectively. Improved cleaning is attainable using ultrasonics, but it is only permissible if it can be demonstrated that all the components in the assembly do not suffer damage from the ultrasonic energies involved.

6.2.1.2 Substrate

6.2.1.2.1 Bare Board Sources of contamination are given below. The reader is also referred to 5.4 Cleanliness Test Methods and Recommended Limits for Final Bare Board Cleanliness and 6.3.1 Pre-Soldering (No-Clean) of this manual.

- Fabrication
- Etch Chemicals
- Tap water
- Cascade forward rinsing systems (dirty tap water in first tank)
- Plating bath salts
- HASL flux
- Fusing fluid (flux)
- Under cured solder resist
- Routing dust

- Alkaline scrubbing chemicals
- Handling
- Packing materials
- Legend ink and solvents transferred from the screen
- Ineffective final cleaning

6.2.1.2.2 Solder Masks and Conformal Coatings These are applied towards the end of fabrication process and therefore see less exposure to aggressive chemicals than laminates. The possibility of incomplete polymerization exists with effects similar to those described in 5.2.1.2. It is therefore advisable to test the performance of any specific mask or coating in relation to the combination of fluxes and cleaning agents to be used. If necessary, changes to one or the other will have to be made.

Some UV cured masks that contain photo-initiators may react with flux constituents such as polyglycols causing partial polymerization. This makes them difficult to remove. The problem is particularly evident with hot air solder leveling (HASL) fluxes.

6.2.2 Assembly Process Contaminants

6.2.2.1 Fluxes and Pastes Fluxes are classified in J-STD-004 in accordance with their activity, rather than their chemical composition. The classifications are:

L = Low or no flux/flux residue activity
M = Moderate flux/flux residue activity
H = High flux/flux residue activity

However, from the point of view of their interactions, composition has more influence than reactivity. Thus, they will be discussed under the following headings:

a) Rosin Based Fluxes
b) Water Soluble Fluxes
c) Synthetic Activated (SA) Fluxes
d) Low Solids (No-Cleaning Required) Fluxes

6.2.2.1.1 Rosin Based Fluxes Rosin is, historically, one of the oldest fluxing materials used in soldering. It is found as one of the constituent materials in the sap of pine trees. As a naturally occurring material, it is a mixture mostly of organic resin esters and primary monobasic resin acids such as abietic, neo-abietic, pimaric and palustric acids. These may be present in various proportions that differ between methods of preparation and sources, even between individual lots of the same source.

In appearance, rosin is an amber-colored glassy material. It is not a true solid since it does not melt as a crystalline material but rather undergoes continuous softening as temperature is increased until it reaches fluid consistency.

Rosin alone has only a mild fluxing activity. Its ability to induce solder wetting of many metals with slight oxide deposit is limited. To enhance the fluxing activity of rosin fluxes, therefore, various chemical "activators" are commonly added to the rosin flux. The activators can be nonionic organic materials that become active only at the elevated temperatures of soldering, or more active ionic materials such as amine halides or organic acids.

Rosin flux is often used as the "solid" core in solder wire. This can be incorporated in the wire directly in the extrusion process of manufacturing. Rosin is also used extensively in liquid fluxes and as activators in solvent systems (usually alcohol based).

As a flux material rosin has a number of important attributes:

- It is, by itself, a mild fluxing material.
- Its residues are noncorrosive to metals.
- It is an excellent electrical insulator at ordinary temperatures. Rosin residues left on circuit boards often result in higher surface insulation resistance (SIR) levels than bare, fully cleaned boards. (See Telcordia Technologies' (formerly Bellcore's) GR-78-CORE.)
- It is an excellent moisture repelling encapsulant for more corrosive ionic halides and acids. Encapsulated ions of these materials are effectively immobilized and not able to contribute to surface electrical leakage or corrosion at metallic interfaces.
- It is soluble in a wide variety of organic solvents including many alcohols, ketones, glycol, ethers, chlorinated, brominated and fluorinated solvents and hydrocarbons.
- Since it is composed mostly of organic acids and esters, it can be removed in an aqueous saponification process in which it is chemically reacted with alkaline materials to form water-soluble soaps.

Despite these features, it is usually desirable to remove rosin flux residues after soldering to expedite electrical testing and coating of the circuit assemblies, to eliminate the unsightly sticky residues, and to remove ionic activators that may cause electrical degradation.

A problem often encountered in removing rosin fluxes is the formation of white or tan residues. These residues are formed by excessive temperature/time exposure of the rosin in soldering operation. In such cases some portions of the rosin could be converted at soldering temperatures by pyrolysis or oxidation to products which are not readily soluble in weaker organic solvents. The soluble portions of the rosin can then be leached out leaving the insoluble portions as visible white residues. This residue, once formed, is extremely difficult to remove.

Rosin fluxes normally contain activators to remove oxide films from metal surfaces that are to be wetted by solder. These activators are usually amine hydrohalides, organic acids, or mixtures of the two. These materials may react under the heat of soldering to form products that are not

easily soluble in solvents or aqueous cleaning solutions. This can be one source of "white residue" problems.

6.2.2.1.2 Water Soluble Fluxes The term water-soluble does not necessarily mean that flux residues will be water-soluble after heating. Reactions form organometallic compounds or mineral salts. For example, lead salts are poorly soluble in water; but if left on the board, it will decompose slowly in the presence of humidity and atmospheric carbon dioxide. A neutralizer can be used to remove lead salts.

Water-soluble organic fluxes, unlike rosin fluxes, have very little commonality with each other. Rosin fluxes, in general, have rosin as a major component of the nonvolatile portion of the system. Other chemical materials added to enhance fluxing activity are usually present only in relatively minute amounts. The chemistry of the residue, the materials and processes necessary to remove the residue is therefore related to rosin as the primary consideration.

Water-soluble fluxes, however, are groups of materials that, although lumped together in one category, represent a very wide variety of chemical materials. There are considerable variations of materials used by different flux manufacturers, as well as in different fluxes supplied by the same vendor. It is therefore not accurate to make general statements about the nature of residues of water-soluble (WS) organic fluxes.

As their name indicates, this class of fluxes is water-soluble. However, the residues after soldering may not show the same water solubility as exhibited by the flux prior to soldering. The soldering processes expose the flux to very high temperatures (usually around 260°C [500°F]) of solder wave. At these temperatures, chemical reactions such as oxidation or pyrolytic decomposition may occur. Such reactions generally give rise to products that are at least partially insoluble in water. The degree to which these reactions can occur is a function of time and exposure temperature, as well as the specific chemistry of the flux. These residues may be easily visible without magnification but they can also be present on assemblies that appear to be completely clean under magnification. In this case, their presence can be detected using ionic extract resistivity testing or measurement of surface insulation resistance (SIR). These techniques are discussed in 8.3 of this manual.

6.2.2.1.3 Synthetic Activated (SA) Fluxes These are based on synthetic materials which are not chemically related to rosin. They have been developed to improve on the performance of rosin based fluxes. Rosin is a natural material with inherent variability in composition and properties. SA fluxes give excellent performance in soldering but the residues must be removed. Originally formulated for removal with chlorofluorocarbon (CFC) solvents, they can be removed with semiaqueous or other cleaning agents.

Activators for SA fluxes are similar in nature to those found in rosin fluxes.

These fluxes are mixtures of two or more synthetic organic compounds. They are normally formulated to be active fluxes and therefore, must be removed completely. The residues of SA fluxes are readily soluble in organic solvents and may or may not be soluble in water. Care must be taken in the choice of cleaning agents as acidic flux residues may deplete acid acceptors in organic cleaning solvents (if present) and lead to an acidic condition in the equipment.

6.2.2.1.4 Low Solids (No-Clean) Fluxes A class of fluxes has recently been developed with solids or nonvolatile content ranges from 2-5 wt. %. The concept is that since the flux residues are not detrimental to electrical performance, pin testability, and/or are barely visible, they may safely be left on the assembly. This is not necessarily a valid assumption. In order to ensure sufficient activity, the ratio of activator to rosin may be much higher in some low residue fluxes in comparison with conventional fluxes. Thus, it is mandatory to demonstrate that the residues for a specific flux are noncorrosive and remain so after exposure to service conditions.

Unlike the fluxes discussed in previous sections, low solids fluxes are formulated to leave minimal or no post-soldering residue. Because the intent is to avoid cleaning, these low solids fluxes should preferably meet the L, but no more than M activity designations as specified in J-STD-004.

By maintaining a low solids content and ensuring sufficient flux activity, often the activator may be the major portion of flux solids. Because of this unusual ratio, one cannot rely on the more inert solids to encapsulate activator residue. In fact, some studies have shown that surface insulation resistance decreases as a function of original quantity of flux applied, inferring that excessive post-soldering residue may cause electrical problems. Consequently, it is important to control the quantity of flux applied. Normally, board's cleanliness is controlled by the efficiency of cleaning material and cleaning process; here, the control is directed at the flux application step since there is no post-soldering cleaning. A number of different application techniques are commercially available, each with its own list of advantages and disadvantages. From a flux quantity standpoint, in general, a wave fluxer applies more than a foam fluxer that applies more than a spray fluxer. The amounts applied can be limited using air knives to blow off excess amounts of applied flux.

Other considerations when selecting an appropriate L flux include material interactions, specific gravity controls and component side residues. Material incompatibilities may cause excessive solder balls and/or other solder type residues. The specific gravity (s.g.) of these fluxes is extremely difficult to control with an automatic density controller since their s.g. is almost the same as those of the solvent or

thinner. A way to avoid the problem is to use a flux applicator that holds the flux in a closed reservoir so that the solvent cannot evaporate. Another consideration is that component side L residues can be more deleterious than those on the wiring side, possibly because they are not heated to the same extent. For this reason, a SIR test used in the telecommunications industry (see Telcordia Technologies' (formerly Bellcore's) GR-78-CORE) in which the comb pattern is floated comb-side up for subsequent SIR testing is recommended for evaluating L fluxes.

6.2.2.1.5 Solder Pastes According to J-STD-005 solder pastes are mixtures of solder particles, fluxes and solvents. Solder particles are usually spherical, ranging in size up to 150 microns in diameter. Contamination involved is usually oxide or carbonate on the surface of solder particles. Metal content of solder paste ranges from 30 to 95% by weight (35 to 50% by volume). Fluxes are normally rosin based with various degrees of activation, the activators being similar to those in normal rosin fluxes. The function of solvent is to impart correct rheological properties to the mixture, in terms of its method of application. Solvent compositions are proprietary, but usually include light alcohols, heavy alcohols (in particular polyglycols, derived esters and ethers), and additives. If not removed, residues may reduce surface insulation resistance under humid conditions. In particular, polyglycols, esters, and ethers are difficult to remove with solvents. Additives may also produce relatively insoluble residues after heating to soldering temperature.

6.2.2.1.6 Inorganic Acid Fluxes Inorganic acid fluxes are mixtures of inorganic acids and highly ionic, inorganic salts. These fluxes often contain materials such as hydrochloric acid, zinc chloride and ammonium chloride. Their residues if left on a board can be extremely corrosive, particularly in a moist environment. Zinc salts, especially, offer particular difficulties in their complete removal by aqueous cleaning process since they readily form zinc oxychloride, $Zn(OCl_2)$, which is insoluble in water. Subsequent reaction of this material with moisture could regenerate the acidic salt resulting in severe corrosion and electrical leakage problems.

6.2.2.2 Solder Other types of residue could be derived from the solder itself, rather than from the chemicals used in the soldering or cleaning processes. They may be seen as two types:

6.2.2.2.1 Solder Dross This is occasionally seen where a board has inadequate flux solids applied to it before it contacts the hot solder. Such "flux starved" surfaces might skim dross from the surface as it passes over the solder without having sufficient flux activity present to break it up. The oxides deposited would be seen as a dark "smut" or webbing which could generate electrical shorts between conductors.

6.2.2.2.2 Solder Balls Tiny, often microscopic, balls of shiny metallic solder could be left on insulating surfaces of a circuit board. Typical types and causes of solder balls are:

Solder Mask – Solder balls can be deposited on some solder mask materials because of their surface forces and the degree of roughness of the solder mask surface. They are seen on the board side which contacts molten solder (bottom-side) during wave soldering.

Spattering – In some instances, solder balls can be found on the opposite laminate surface away from solder (board topside). This occurs where there are through-holes. If the flux which had been applied was insufficiently dried in the pre-heat stage of the soldering process or the board contained large amounts of water entrapped in the laminate and was not adequately baked prior to soldering, the remaining solvent or water vapor will cause spattering when it comes in contact with hot solder bath. Such spattering is, in reality, micro-explosions caused by very rapid expanding vapors of the solvent or moisture. This causes a percolation of solder up through the holes in the boards, spewing tiny solder balls on the board topside. It is especially severe if traces of water were present in the flux and were not thoroughly evaporated in the preheating process before the board contacts the solder.

Prevention of solder balls requires a combination of correct drying procedures, use of a paste with minimum surface oxide contamination, and a flux with sufficient activity to remove this contamination. (See J-STD-004 for additional details.)

6.2.2.3 Soldering Oils Soldering "oils" are often used in the soldering process to help promote wetting of metallic surfaces while keeping bridging, webbing, and icicle formation of the solder to minimum. These materials are used in various ways. In their simplest application, they can be floated on a solder pot to limit the contact of the solder with air, thereby sharply reducing the amounts of dross formed. In some equipment, they are also injected into solder wave where they similarly provide a protective anti-oxidizing film on the solder wave that contacts the circuit board.

NOTE: OIL BASED WAVES ARE CONSIDERED AN OBSOLETE TECHNOLOGY.

Heat stability is an important consideration when using oil as a dross inhibitor or soldering assist fluid. When used as a cover on a solder bath, it degrades with prolonged heating, resulting in reduced "life" and more difficulty in removing the residue.

Oil that simply sits on the solder bath will darken with oxidation and polymerization. Over time (two to 12 hours

depending on the oil) small solder spheres appear in or under the oil, indicating it is time to change the oil.

Oil that is injected into or onto solder wave may contribute to a cleaning problem if degraded oil from the solder bath is used. Flux and oil may not be easily removed after extended heating on the solder bath. Care should be taken to properly maintain the quality of oil.

In an oil-injection process where fresh oil is injected into or onto the solder wave, the oil residue on circuit board assembly is easier to be removed since it has only been exposed to high temperature for a brief time.

There are basically two classes of soldering "oils," water soluble and solvent soluble (water insoluble). The choice of "oil" for a process depends on user's choice of fluxes and cleaning processes. A water-soluble material is selected if a water-soluble flux with aqueous cleaning is chosen. Likewise one would use a water-soluble "oil" if a rosin flux is used with aqueous saponifier cleaning. If rosin or synthetic activated (SA) fluxes are used with hot vapor or cold solvent cleaning, then solvent-soluble oil would be selected.

6.2.2.3.1 Water Soluble Oils These materials are usually polyglycols or high temperature surfactants such as ethoxylated derivatives of octyl and nonyl phenol. They are entirely water-soluble and can be removed with hot water spray cleaning after the soldering process.

A problem which may occur with water soluble oils is the deleterious effect of some of these materials on the electrical surface insulation resistance (SIR). While it is not the universal case for all water-soluble oil materials, some oils may react with and bond to the polymeric surface and be retained through even a severe water washing process. These materials may also have the capacity to absorb moisture from humid air (hygroscopicity) which can result in a lowering of SIR by several orders of magnitude.

6.2.2.3.2 Solvent Soluble Oils These are natural oils with inhibitors added to reduce oxidation or degradation at high temperatures. With respect to SIR, this type of oil would be safer to use since the oil residue is water resistant in the end-use environment.

6.2.2.4 Other Residue

6.2.2.4.1 Handling Soils Ideally, printed boards and components should not be handled at all during the manufacturing process. However, in practice this is impossible. The best that can be done is to minimize the accumulation of people-related contaminants, by reducing handling to a minimum and ensuring that various cleaning steps are capable of removing the contamination before it can do any harm. Handling occurs during shipping and receiving, transferring of boards through process steps, inspection and manual assembly. Contaminants introduced by personnel handling is perhaps the most complex to define. Human contact with the surface can introduce a wide variety of materials that include:

a) Finger oils
b) Salts (from perspiration)
c) Assorted dust and dirt
d) Food particles
e) Flaking skin
f) Hand creams and cosmetics
g) Lint or debris from gloves

Such contamination may be water-soluble, solvent soluble, or insoluble in either. For this reason, handling contaminants often presents some of the most difficult cleaning problems.

Fingerprints are a complex and potentially harmful source of contamination. Fingerprints contain not only oils, salts and acidic body products, but also residues from soaps, hand lotions and previously handled objects. Since they are so complex, it is impossible to ensure complete removal by any specific cleaning process. Personnel should be trained to handle boards as little as possible and only by the edges. Potential damage depends on the location of the fingerprints. On bare copper and on laminate surfaces between copper traces, they reduce insulation resistance. Fingerprints on component bodies may do no damage, but any accumulation of fingerprints will give higher ionic contamination readings in the solvent extract resistivity test. (See IPC-TM-650, Method 2.3.25, Detection and Measurement of Ionizable Surface Contamination.)

The use of gloves will protect against fingerprints, but gloves can also act as a source of contaminants. Plasticizers, talcum powder, dust and lubricants can be transferred from rubber gloves. Woven fabric gloves may contribute fibers. All gloves could have been previously contaminated, if used for other purposes.

Food, drink, and tobacco products should be prohibited in all process, storage and inspection areas.

6.2.2.4.2 Marking The marking of faults found during inspection should be done with suitable removable adhesive stickers. Pencil marks or felt tip pens leave undesirable residues.

6.2.2.4.3 Work Place and Ambient Storage Conditions Ideally, components, laminates, and work-in-process should be stored in an atmosphere free from contaminants with controlled temperature and humidity. Unfortunately, this is usually not the case and materials will accumulate various forms of airborne pollution. Where possible, components should be kept in their original containers, provided that the containers are not, themselves, sources of contamination.

Storage in open bins should be avoided. If humidity is not controlled, closed containers should be provided with suitable desiccants to prevent condensation inside. Floors should be kept clean and sealed with a suitable coating such as epoxy paint. Plastic fittings, shelves, etc., are best avoided if possible. This applies especially to the use of polyvinyl chloride (PVC) storage containers.

6.2.2.4.4 Component Packaging as a Source of Contamination The use of automatic component placement equipment requires the components to be supplied in taped reels, trays or tubes. It is important to determine whether the components in packaging are clean and whether the adhesive residues from any tape will cause cleaning problems. Testing samples removed from the reel can solve the first problem. Since components cannot be effectively cleaned on the reel, their cleanliness is the responsibility of the supplier. The second concern can only be determined through experience. If residues from the tape do cause cleaning problems, the adhesive system on the tape must be changed. Caution must be exercised to prevent ESD problems.

6.2.2.4.5 Temporary Solder Stops/Masks/Resists/Tapes Solder stopping materials, also called "solder stops" are used to keep PTHs from filling with solder. It is useful for insertion of components that cannot be water washed and have to be assembled by a secondary operation. There are several "solder stops" on the market today.

In some cases, the assembler will be faced with a situation where it is desirable to shield metallization from the soldering process. Many temporary solder resists, masks, and tapes are commercially available to accomplish this task. These materials can be categorized as either washable or peelable.

The washable varieties can be water or solvent soluble. The water or aqueous soluble types are composed of different mixtures of gums, higher alcohols, thickeners, and polymers. Comparable solvent soluble materials are available based on waxes. The use of water or solvent soluble masks will require increased monitoring and maintenance of cleaning equipment due to the accumulation of mask residue. Water soluble masks and spacers may require changes in the cleaning cycle such as longer pre-rinse times to avoid carrying the mask materials into the wash solution. The principal advantage is that the post-solder cleaning process can be utilized to remove the resist. The resist supplier's recommendations for the removal process should be followed.

The peelable type of resist is usually applied as either a tape or a liquid (that subsequently cures) and is designed to be removed manually after processing. Tape removal may generate unacceptable static charge. In such cases, ESD-safe resist should be used. Tape used can be either adhesive or latex based tape. For adhesive tape, adhesive residues may remain when the tape is removed after soldering. Silicone polymer latex based tape should not be used for electronic circuits since their residues are difficult to remove. Ammonia based latex could be used but when peeled off, the ammonia-based compounds leave ionic contamination that requires water wash for removal. Residues from peelable resist materials leave increased levels of chloride and sulfate that can be a source of electrical leakage and corrosion problems.

These residues can be examined by using ion chromatography and by Environmental Stress Screening (ESS) tests which expose the area to increased humidity under a nominal working bias voltage. A typical amount of the material is placed across the comb patterns of the IPC-B-24 test board. The material is then cured; wave soldered and removed. The remaining residue (invisible) covering the comb patterns can be used in SIR investigation.

For either category of resist, the assembler should verify that the material is adequately removed for the application. Subsequent solderability, conformal coating adhesion or performance of the assembly may be degraded if removal is inadequate.

6.2.2.4.6 Lubricants and Greases Product may be contaminated by contact with lubricants from assembly machines. These can pose cleaning challenges since they may be difficult to remove. The best defense against this problem is good housekeeping practices to avoid contamination by these materials.

Lubricating oils are normally mineral oils that are hydrophobic and tend to form tenacious films on surfaces which are difficult to be removed completely. They are soluble in nonpolar solvents by emulsification or by saponification, but not in aqueous media without detergents. Sources include dirty compressed air, drips from machinery, handling, and pre-lubricated components. In the early stages of board fabrication, oil contamination will inhibit plating, etching, and similar water-based processes. Residues remaining after assembly cause poor adhesion of conformal coatings. Silicone-based products are particularly tenacious and difficult to remove and therefore should be avoided.

Thermal grease has similar properties and create similar problems as those of lubricating oil.

Wax poses similar problems to lubricants and greases. They can be most difficult to remove in aqueous media without detergents. Some solvents can be relatively effective in wax removal.

6.2.2.4.7 Adhesives In assembly, marker tapes are frequently used to indicate defects for subsequent repair. One must consider the removal of the markers and the fact that some residual adhesive from the marker may remain.

Component attachment adhesives bleed out or voids can trap flux and other contaminants.

All adhesives should be verified for electrical performance and effects on active circuitry. All bleed out and direct contact residues can be assessed by using SIR test (IPC-TM-650, 2.6.3.3). This will help to gauge how much cleaning is necessary in these areas.

6.2.2.5 Soldering Method-Process Variables The basic process variables that affect cleaning are temperature, time, and the interaction of process chemicals with materials and fluxes of the assembly being soldered. These will, to a large extent, determine the nature of the contaminants which must be removed, the state of the surfaces on which they reside, and hence the cleaning process chosen.

6.2.2.5.1 Wave Soldering The primary consideration in material selection is whether the flux chosen will promote formation of adequate, defect-free solder joints on assemblies being soldered.

Secondary considerations are whether an appropriate cleaning process can remove the flux residues or whether they are noncorrosive and do not need to be removed. A flux does not provide optimum performance unless it is applied and dried correctly, and unless it is compatible with other process materials such as wave oils. If foam fluxing is used, it is important to prevent contamination from oil and water in the compressed air supply. Water as a contaminant in an alcohol based rosin flux can partially hydrolyze the rosin, making its removal difficult. Therefore, the air system used in foaming must be dry, i.e., less than 5ppm water vapor. After application, the flux must be dried by preheating. The preheat conditions should be adjusted to ensure proper soldering without making the residues difficult to remove.

Soldered assemblies should be cleaned as soon as possible after soldering, especially with the more active fluxes. Subjecting a fluxed assembly to two passes through the wave, as in the solder-cut-solder process, can cause additional degradation of the first flux. It is a better practice to clean after the first pass and then reflux.

Note: The use of oil in wave can introduce contaminants derived from reactions with the flux, components, and substrates. Some of these are polymers that are not easy to remove. It is obvious that if aqueous cleaning is to be used, the oil should be of the water-soluble type. The oils tend to undergo chemical reaction with heat and become less soluble. They can also promote foaming in the cleaner.

6.2.2.5.2 Immersion Reflow This has been applied to assemblies such as backplanes with solder preforms added to the pins. Various fluids have been used, such as peanut oil and stabilized triethylene glycol, in conjunction with water free, water-soluble fluxes. The major problem is that the hot fluids tend to decompose with formation of carbon and poorly soluble polymers. The fluid should be disposed before degradation causes a cleaning problem.

6.2.2.5.3 Vapor Phase Reflow Vapor phase reflow processes can be operated with either one or two fluids. The process was developed using the two fluid approach in batch equipment; but modern in-line systems are normally operated with only one fluid. Whichever system is used, the maximum temperature reached by assemblies in vapor phase (VP) reflow depends on the primary fluid. Primary fluids are available for temperatures ranging from 218 - 319°C [424.4 - 606.2°F] (for some development stage products).

While all primary fluids can be classed as perfluorocarbons, the basic structure (amine, cyclic or ether) will determine key properties such as in-use stability, solder paste chemicals solubility and overall process economics. The choice of fluid is normally based on the melting point of solder alloy to be reflowed.

For the range cited, the lower temperatures are suitable for typical tin-lead or tin-lead-silver alloys used for standard attachment processes. The upper end of the range permits reflow of high lead alloys, which are used to attach pins to pin grid array (PGA) packages. Users faced with reflow of a specialty alloy have been successful in mixing two primary fluids to tailor a VP system for a specific stable boiling point. Higher temperatures permit shorter times, which may be advantageous with some solder pastes.

The primary vapor should be inert and not introduce contaminants that must be removed later. Paste chemicals dissolved in the fluid are entrained in the high boiling vapor, then deposited on the surface of PWAs. Such residues tend to be difficult to remove. Thus minimal solubility of solder paste chemicals (typically rosin) in primary fluid is desirable. It will maximize life span of fluid, prevent boiling point elevation and simplify cleaning.

The secondary vapor blanket was originally CFC-113, a lower boiling fluorinated material, which formed a low cost sacrificial "lid" over the more costly primary fluid. Constant exposure to the high boiling primary fluid at the interface of the two fluids could cause the secondary fluid to undergo thermal decomposition at the interface, generating HCl (hydrochloric) and HF (hydrofluoric) acid vapors. These corrosive vapors often attacked soldering equipment over time. While in theory the vapors could be absorbed in flux residues and cause problems for high reliability products, this was rare in comparison to the attack on equipment. With the phase out of CFC-113, a low boiling perfluorocarbon was introduced to replace it. This second generation blanket fluid was more stable than CFC-113 for prolonged exposure to the high boiling primary vapor phase fluids.

As surface mount technology grew, most users converted to the higher throughput in-line machines, which used the single fluid approach. Defluxing after vapor phase reflow should be done with formulations that ensure removal of all solder paste residues. These formulations could be bipolar solvent systems or solvent systems with aqueous cleaning formulations. The choice of defluxing system depends on composition of solder paste, compatibility with other processes, and layout/spacing of components.

6.2.2.5.4 Convection and Infra-Red Reflow Forced convection reflow is the most common method of reflow used in the surface mount industry today. Forced convection results in a more uniform heating than thermal radiation. Shadowing and nonuniform thermal mass distribution effects are reduced. Because heating is more uniform, less time is necessary to achieve proper thermal conditions making lengthy thermal profiles and long reflow ovens no longer necessary for successful reflow. Reducing the time at elevated temperature usually results in residues that are easier to clean (less degradation and polymerization of residues).

6.2.2.5.5 Hot Air Reflow Repair During repair operations, care should be taken that excessive heat and flux are not applied. Excessive heat can result in charred flux making residues difficult to remove. Liquid fluxes must be fully activated and volatilized on the surface during rework to ensure good product performance.

6.2.2.6 Airborne Contaminants These are always present in areas used for human activities. They should be reduced as much as possible in storage areas by enclosure, filtration, proper airflow management, and periodic cleaning of shelves, floors, etc.

6.3 Individual Processes, Residues and Cleaning Issues

6.3.1 Pre-Soldering (No-Clean) This section explores the cleanliness requirements of parts (i.e., bare boards, components) coming into an assembly operation. The focus of this section is on low residue or no-clean processes. (Figure 6-1 shows the flow diagram.) In a classical low residue operation, there is no further cleaning after the assembly process. Therefore, the successful implementation of this operation depends on the cleanliness of incoming parts. In an assembly process utilizing finished assembly cleaning, this issue is significantly less important.

There is currently much discussion regarding the best tools to use in order to quantify the level of contamination on finished bare boards (i.e., those received as incoming materials by the assembler). As discussed below, this issue is under investigation by the IPC Bare Board Cleanliness Assessment Task Group, 5-32c. Because it is generally recognized that certain ionic residues (e.g., chloride ions) are more of a problem than others, the standard total ionic conductivity analysis is of limited value in quantifying baseline contamination levels. Specific ion conductivity and SIR measurements are much more appropriate tools to use in determining the levels of individual potentially most harmful residues, particularly with respect to low residue (i.e., no-clean) processes. Once satisfactory levels of these residues have been confirmed for a given, in-control fabrication process, then it may be possible to use a much less complicated and less expensive analytical tool (e.g., total ion conductivity) for daily process qualification.

6.3.1.1 Typical Residues

6.3.1.1.1 Components The subject of typical residues on components is discussed in 6.2, Residues: Nature and Scope, and specifically in 6.2.1.1, Components, of this manual.

6.3.1.1.2 Boards The subject of typical residues on bare boards is discussed in 6.2, Residues: Nature and Scope, and specifically in 6.2.1.2.1, Bare Boards, of this manual.

6.3.1.2 Cleaning Issues Maximum acceptable bare board contamination levels do not presently appear in any nationally accepted specifications or standards. An IPC task group has been convened with the goal of first determining satisfactory test methods and then giving guidance with respect to the required level of cleanliness for bare boards. The work of this group, the Bare Board Cleanliness Assessment Task Group, 5-32c, is currently in progress. The reader should refer to documents that will be issued by this group for state of the art guidance on this issue. In the interim (i.e., prior to the completion of the work of the Bare Board Assessment Task Group) the following can help to guide those seeking to implement a low residue process. Additional information on cleanliness requirements is to be found in the relevant fabrication section (i.e., 5.2) of this manual.

The corrosive contaminants are primarily the following in varying degrees: Chloride, Bromide, and Sulfates, Methane Sulfonic Acid (MSA) (plating bath salt).

Chloride is one of the more detrimental materials found on printed circuit assemblies. Chlorides come from a variety of sources, but is most often attributable to flux residues. Chlorides will initiate and propagate electrochemical failure mechanisms, such as metal migration and electrolytic corrosion, when combined with water and electrical potential. The amount of chloride that can be tolerated on an assembly depends on the flux chemistry being used. Assemblies processed with high-solids rosin fluxes (RA, RMA) can tolerate higher levels of chloride due to the encapsulating nature of rosin. Water-soluble fluxes and no-clean fluxes are generally based on resins or very low



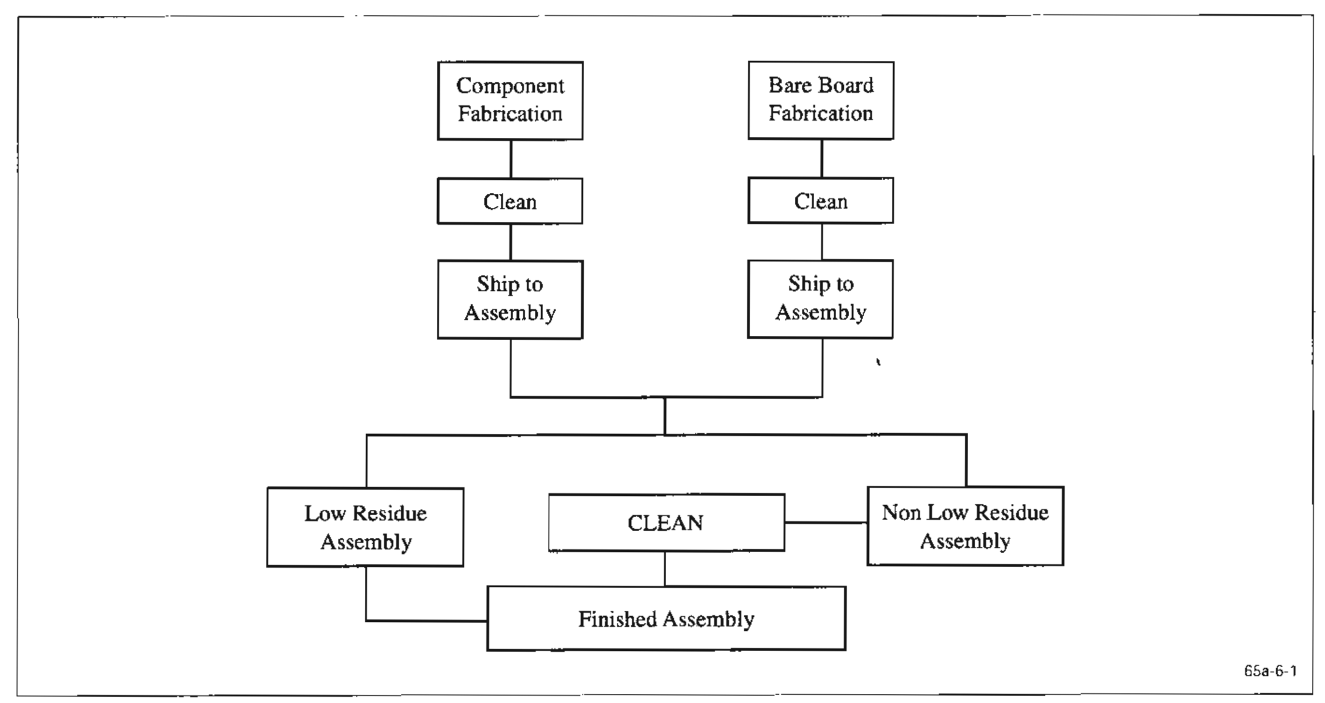


Figure 6-1 Flow Diagram for Pre-Soldering Cleaning Options

levels of rosin, and do not have this encapsulating protection. Therefore they tolerate lower levels of chloride on final assemblies.

The amount of allowable chloride on a bare board is difficult to assess. If the boards go into an assembly process that incorporates cleaning, then a higher level of chloride can be tolerated. If the bare board is intended for a no-clean assembly process, then a lower chloride level is required.

Bromide is generally attributable to bromide fire retardant added to epoxy-glass laminates to give fire resistance. Bromide can also come from solder masks, marking inks, or fluxes which have bromide activators. Bromide, when from the fire retardant, is not a material considered to degrade long term reliability of electronic assemblies. If bromide is from a flux residue, then it can be as corrosive as other halides. The level of bromide varies depending on the porosity of laminate or mask, the degree of over/under cure of laminate or mask, or the exposure to reflow temperatures.

Sulfates when present in sufficient quantity, can be harmful materials for electronic assemblies. Sulfates come from a variety of sources, such as contact with sulfur-bearing papers or plastics, acid processes in fabrication, and tap water rinsing/cleaning.

Methane sulfonic acid (MSA) is a harsh chemical used in many plating operations. It is very electroactive and corrosive if not fully neutralized and removed.

6.3.2 Post Reflow Cleaning Figure 6-2 shows the flow diagram of post reflow cleaning.

6.3.2.1 Typical Residues Oxidized or polymerized flux residues occur due to excessive heating of assemblies during reflow. This can easily occur when an assembler uses the same reflow profile for assemblies of significantly different sizes. In an attempt not to slow the production down, the profile will often be set for the larger assemblies to ensure sufficient heat for proper reflow, and then not reset for smaller assemblies. This same profile results in smaller boards experiencing excessive heat because of their smaller mass. This tends to degrade residual flux and make it significantly more difficult to remove. It can be a source of the troublesome "white residues." Water-soluble fluxes are particularly prone to being degraded by excessive heat.

The nature of solder paste is much more complex than the individual flux and solder which are used in typical wave solder operations. Ingredients are added to control viscosity, stability, shelf life, tack time, adhesion, etc. These additives might stay on the assembly after reflow and add to the number and type of residues possible.

Although not often thought of as a residue, a long-term concern with the use of solder pastes has been the formation of solder balls. Obviously, solder balls are much less of a concern when cleaning follows reflow, than when a no-clean approach is followed.

6.3.2.2 Cleaning Issues

6.3.2.2.1 SMT Assemblies An ever-increasing concern in the assembly of surface mount components is the tighter spacing. Standoff heights, lead pitches and the distance between line traces have been decreasing in size. Additionally, components are being placed closer to one another.

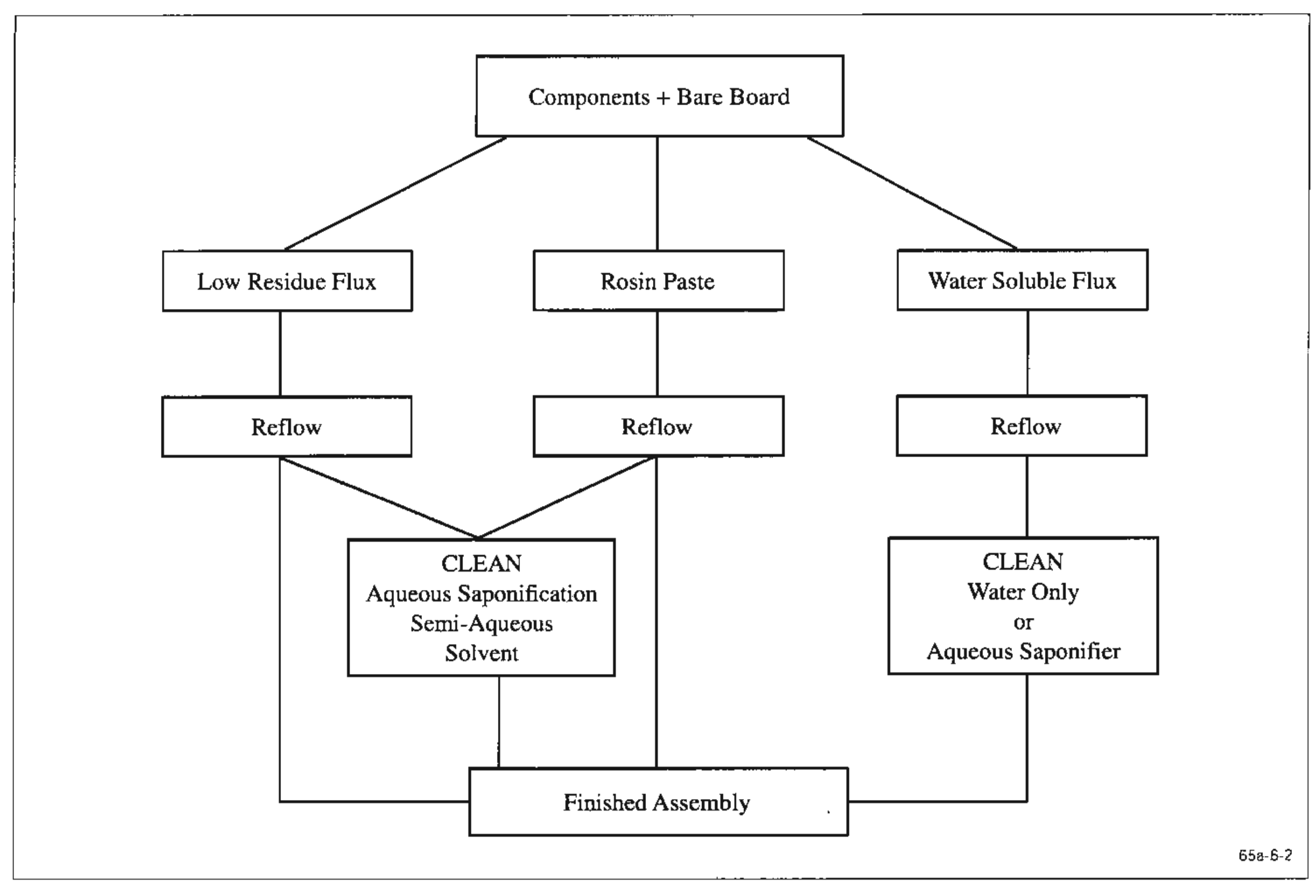


Figure 6-2 Flow Diagram for Post Reflow Cleaning

Even with these increasing challenges to cleaning, modern cleaning equipment and agents continue to demonstrate their ability to keep up with the pace of technology. However, in order to ensure the ability to satisfactorily clean these tighter spacings, it is important to monitor the cleaning equipment on a regular basis.

The advent of Ball Grid Array (BGA) components has been helpful not only in the area of interconnection, but also in cleaning. Both their relatively high standoff height and their large pitch between adjacent solder ball connections favor the cleaning of standard BGAs. Any difficulties which may arise with respect to cleaning, rinsing or drying will likely be due to challenges poised by having to effectively penetrate a large bank of adjacent solder balls with the media in question. Drying could present more of a problem than cleaning.

The question often arises regarding the ability to remove no-clean paste residues after assembly. There are customers who do not want any residues to be visible on their assemblies, regardless of the paste used. There are contract manufacturers who clean assemblies that have gone through low residue process. Success in this area depends very much on the specific paste and agent used.

6.3.2.2.2 Stencil Cleaning Stencil cleaning has taken an increasingly important role in surface mount technology. Fine and ultra fine pitch parts, together with other advanced packages, have brought new demands on stencil cleaning. Paste volume is a critical issue for fine, ultra fine and BGA components. Insufficient solder is a primary cause of defects due to stencil printing. Clean stencils are a key factor in delivering the proper amount of paste. It has been estimated that approximately 70% of surface mount technology defects are due to solder paste printing problems.

Modern stencil cleaning agents must be effective, safe for workers and safe for the environment. 2-propanol (IPA) is historically used for stencil cleaning, but there are both environmental (VOC) and safety (i.e., fire hazard) concerns. Today, there is a much wider array of cleaning agents for stencil cleaning.

The traditional approach of hand wiping stencils should be discouraged. Health issues, modern speed and efficacy requirements, as well as the risk of damage to thin stencils have moved assemblers to automated stencil cleaning equipment.

The residue encountered on stencils is generally the solder paste itself (i.e., which has not been reflowed), which may be in a fairly dried form. However, there is often also a need to remove uncured adhesives that are utilized for the bottom side mounting of SMTs.

6.3.3 Post Wave Solder Cleaning Figure 6-3 shows the flow diagram of post wave solder cleaning.

Note: Saponification is only suitable for rosin flux residues. SA flux residues may be removed with either semi-aqueous processes, including emulsion semiaqueous or by solvent processes that do not include acid acceptance stabilizer packages. The very active SA flux residues rapidly deplete such stabilizer packages.

6.3.3.1 Typical Residues Flux residue is a catchall term that covers the mixture of reacted flux, unreacted flux and condensed flux volatiles. Oxidized or "polymerized" flux residues occur due to excessive heating of assemblies during preheating and soldering. This can easily occur when an assembler uses the same heating profile for assemblies of significantly varying size, density or PWB type, in an attempt not to slow the production down by having to re-set the soldering parameters. Often the parameters will be set for densely populated multilayer assemblies to insure sufficient heat for proper soldering, but such parameters result in smaller boards experiencing excessive heat because of their smaller mass.

If the immersion depth in the wave is not reset between multilayer and double or single sided PWAs, thinner boards will experience more than optimal thermal exposure. These actions further degrade residual flux and make it significantly more difficult to remove. It can be a source of the troublesome "white residues." Rosin and water-soluble fluxes are particularly prone to degradation by excessive heat, while SA fluxes tend to be much more tolerant to thermal over-exposure.

The complexity of wave solder fluxes has increased over the years, as demands for defect free soldering have increased. In addition, sophisticated chemistry is often used to ensure compliance with industry flux standards. Thus, the nature of what were called RMA fluxes is much more complex than RA fluxes, often resulting in more complex residues which are more difficult to remove. SA fluxes contain materials in place of rosin that are readily solvent soluble, while the activators are long chain versions of typical rosin flux activators. SA flux base and activators were selected for maximum activity and ease of solvent solubility. In addition, these residues do not degrade thermally until very high temperatures are reached, thus do not leave "white residues."

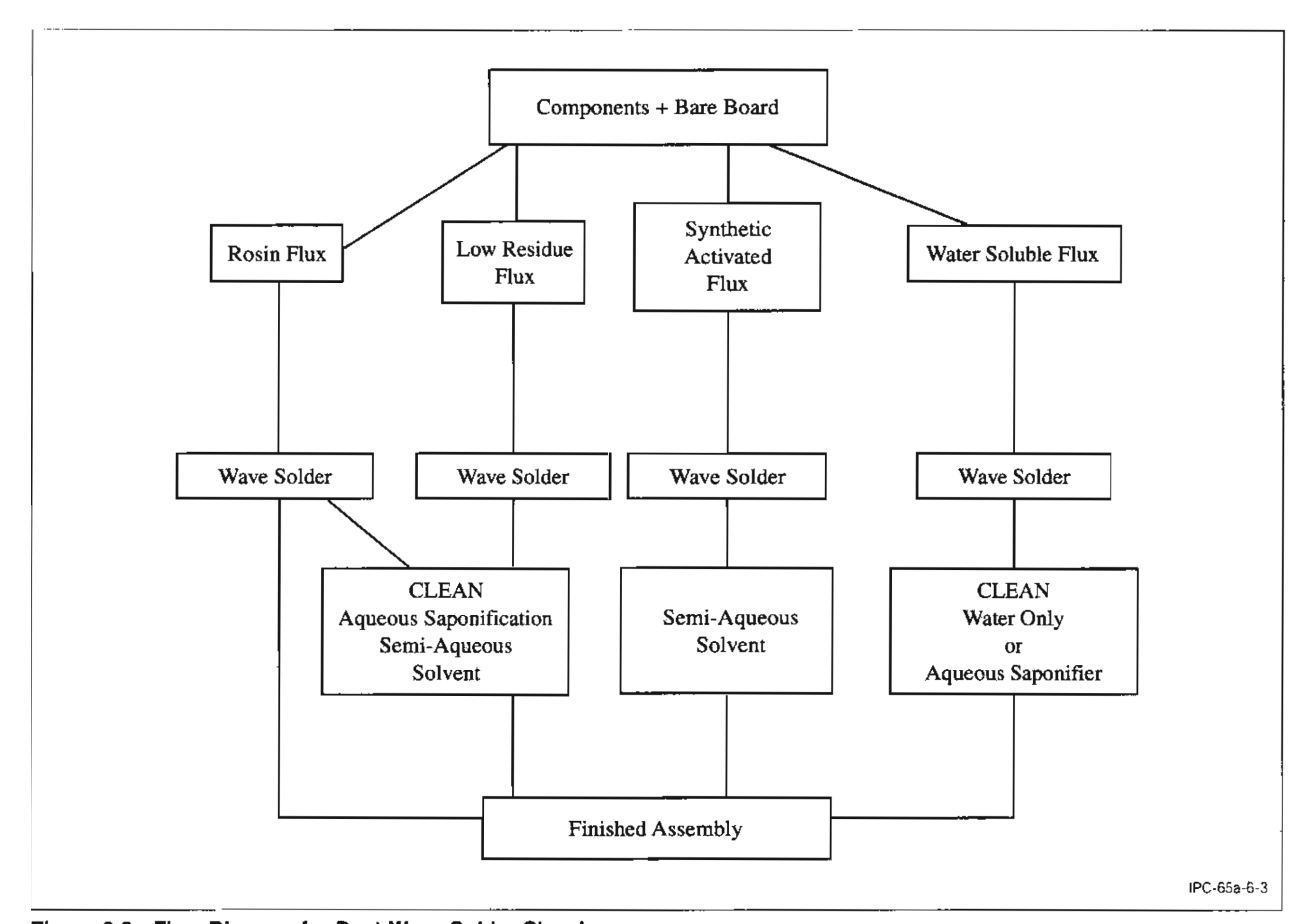


Figure 6-3 Flow Diagram for Post Wave Solder Cleaning

Rosin fluxes can be tested using a thermal analysis method to determine if white residue precursors are present. Not using a flux with such precursors can eliminate the white residue problem before it happens. Some suppliers pre-treat their rosin to remove these precursors, thus ensuring that the final rosin flux will meet all appropriate procurement specifications, without causing white residue.

While quite visible at very low levels at inspection, "white residues" are difficult to identify. Most analytical methods require a significant volume of residue for testing which is difficult to obtain given the minute levels present.

Besides the base material (rosin or synthetic), activators, some surfactant and anti-oxidant, fluxes also contain volatile diluent mixtures. Depending on the method of flux application (wave, foam or spray) the flux formulation may need to include foaming agents. Thus the user must determine what is the best application method that will leave a minimal amount of simplest residue on the PWA after wave soldering. Then a cleaning agent must be selected to treat that residue.

Although not often thought of as a residue, a long-term concern with the use of solder fluxes has been the formation of solder balls. Obviously, solder balls are much less of a concern when cleaning follows soldering, than when a no-clean process is used.

While once a very popular approach to reduce soldering defects, the mixing of oil into solder wave has almost disappeared. These oil-intermix soldering processes complicate the residues found after wave soldering. However, the presence of oil does prevent residues from crystallizing and hardening, thus making them easier for cleaning agents to attack and remove.

The typical post wave solder residue will thus consist of nonionic, ionic and particulate components. The nonionic part consists of reacted base material (rosin or synthetic, which includes both water-soluble and SA formulations), oils, greases, residual HASL or fusing fluids and poorly dissociated materials. The ionic part consists of flux activator, residual plating or etching salts and handling soils. The particulate part consists of solder balls or dross, handling soils, drilling or routing dust and airborne particulate.

The post-wave solder cleaning agent must be chosen to remove all the components of this complex residue from a variety of surfaces: laminate or substrate, metals and various plastics.

6.3.3.2 Cleaning Issues

6.3.3.2.1 Traditional Assembly An ever increasing concern in the assembly of both plated-through hole and surface mount components is the tighter spacing. Standoff heights, lead pitches and the distance between line traces have been decreasing in size. Additionally, components are being placed closer to one another. More tenacious residues may result from modern manufacturing procedures. An example is the technique of using a wave solder process to solder components on both sides of the board. Components are glued on, boards are run through the wave with component side down; second sides are populated using adhesive, and boards are run through the wave a second time in the inverted position. For best results, it is important to clean within 15 minutes of wave soldering. If the PWA is to be conformally coated, it is often polish cleaned just prior to coating to remove any soils from the intervening inspection, testing and possible rework or repair steps. The choice of cleaning agent should be consistent with attachment material chemistry. In order to ensure the ability to satisfactorily clean these tighter spacings, it is important to monitor the cleaning equipment on a regular basis.

6.3.3.2.2 No-Clean Assembly Question often arises regarding the ability to remove no-clean flux residues after assembly. There are customers who do not want any residues to be visible on their assemblies, regardless of the flux used. There are contract manufacturers who do clean assemblies which have gone through low residue process. Success in this area depends very much on careful matching of the specific flux and cleaning agent used. Discussions between the assembler, flux supplier(s) and cleaning agent supplier(s) can be beneficial in finding the best process.

Users should be aware of the subtle distinctions between "water soluble" no-clean flux residues and "water rinsable" no-clean residues, with the latter usually implying that only part of the residue can be removed by an aqueous rinse.

6.3.4 Mixed Technology Cleaning Figure 6-4 shows the flow diagram of mixed technology cleaning.

6.3.4.1 Typical Residues In this case the assembler has to deal with several residues from three quite different attachment techniques. These are reflow soldering, adhesives, and wave soldering. Optimum cleaning results are achieved when the chemistry of reflow solder paste and wave solder flux are as identical as possible.

The residues from solder paste are more complex due to the incorporation of various thixotropic control and tack time increasing ingredients. The wave solder equipment used for mixed technology generally includes two solder waves, instead of one found in traditional assembly. A "rough" or "chip" wave is designed to do a partial attachment of solder side components, and a volatilization of most of the flux residues. Defect-free soldering is then completed by passage through the "smooth" or "finish" wave.

Provided no more than 15 minutes elapse between the time of reflow soldering and wave soldering, a single cleaning

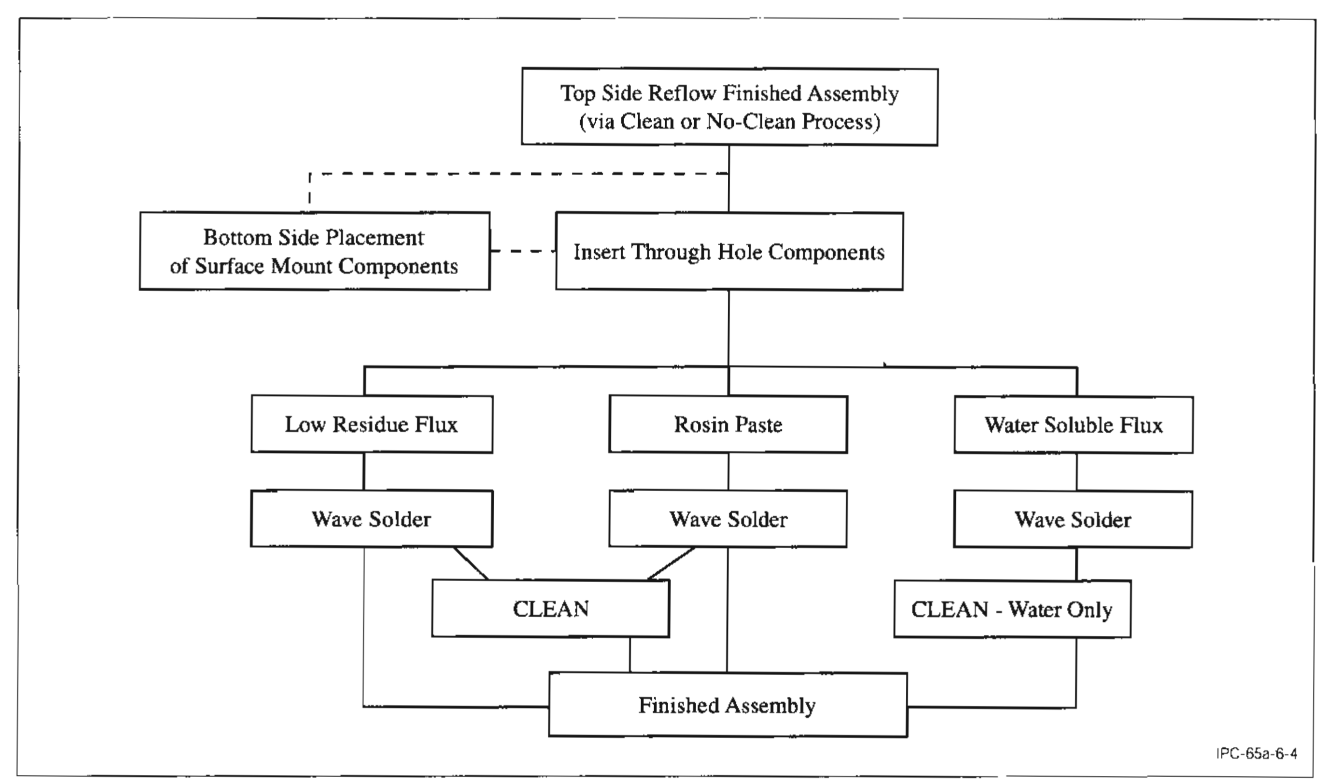


Figure 6-4 Flow Diagram for Mixed Technology Cleaning

process at the end of the production line will suffice. In cases of low production volumes or many part numbers, resulting in a longer delay time between the first soldering step and cleaning, an intermediate cleaning immediately after reflow will minimize residue problems.

Solder paste residue undergoes two high temperature thermal cycles, once during the reflow step and again during the wave solder process. The use of topside preheaters further overheats solder paste residues.

In addition to soldering materials (solder paste and wave solder flux), adhesive is also a typical residue in mixed technology processes. Excess adhesive misapplied may migrate onto test points or attachment points (pads or plated-through holes).

6.3.4.2 Cleaning Issues The same types of residues from reflow and wave soldering processes are found on mixed technology PWAs, exacerbated by two thermal cycles. Careful selection of cleaning process will optimize residue removal from the completed assemblies.

Processes may involve different kinds of fluxes, e.g., (1) no-clean solder paste in combination with no-clean wave solder flux; (2) no-clean solder paste in combination with traditional wave solder flux; or (3) traditional solder paste in combination with no-clean wave solder flux. In the first case, any attempt to clean the completed PWAs will most likely only make matters worse from a cosmetic standpoint. The same outcome is also likely from the second and third cases.

Such combination processes are probably best used for Class 1 and possibly Class 2 products. In some cases spot cleaning may be needed to simplify electrical and functional testing. Such cleaning can be accomplished by dissolving the residues with an aggressive solvent (such as a high boiling alcohol or ester) and rinsing using a volatile material such as 2-propanol. This two-step process will ensure a clean, dry surface for testing or coating.

6.3.5 Post Manual Soldering Cleaning

6.3.5.1 Typical Residues Primary residues resulting from manual soldering operation are associated with flux materials added during the generation of solder interconnection. Excess flux added during the soldering operation will result in rosin and flux activators being present after soldering. Flux and possibly polymerized (burned) flux will be left behind if the soldering temperature is maintained in the joint area for an extended period of time. Such residues are more difficult to remove since polymerization produces a residue of higher molecular weight and makes the contaminant more difficult to be dissolved in the cleaning agent.

Low residue or low rosin/resin fluxes typically leave behind a lower concentration of post-solder residues. It is usually recommended that different types of low residue fluxes not be intermingled in subsequent soldering operations (mass soldering, manual soldering, rework/repair soldering). If intermingling occurs, adequate testing would

first be conducted to show that such uses are compatible and will not result in flux residues that either present esthetic or removal problems. Overheating or extended heating during the soldering operation can also produce residues that are difficult to remove. In no-clean soldering processes, the removal of such residues is not an issue.

6.3.5.2 Cleaning Cleaning of manually soldered connections typically involves processes used in mass soldering operations. Cleaning of completed assemblies may involve localized removal of contaminants from just the manually soldered joint with cleaning solvent and manual brushing. This may be all the cleaning that is required. If higher cleanliness levels are required or subsequent operations such as conformal coating are required, the assembly may be subjected to additional cleaning such as batch or in-line equipment cleaning operations.

Manually soldered connections may be subjected directly to batch or in-line conveyorized equipment cleaning after the soldering operation if the time between soldering and cleaning is minimized. In cases where extended periods of time may occur between manual soldering and cleaning, a quick manual clean may be preferred to avoid building up of tenacious residual and to ensure that final cleaning will be capable of meeting cleanliness requirements.

6.3.6 Post Manual Rework/Repair Soldering Cleaning

6.3.6.1 Typical Residues The flux residues typical to manual rework/repair soldering operations are similar to those previously discussed in 6.3.5.1.

However, if the rework or repair operation takes place on a conformally coated assembly, removal of the coating prior to soldering may present an additional contaminant. Residual conformal coating could interfere with the formation of joint. It could also represent foreign material if allowed to contaminate the solder connection.

6.3.6.2 Cleaning Cleaning of manual rework/repair soldered connections typically involves processes used in mass soldering operations as previously described in 6.3.5.2. Again, if the assembly is conformally coated the initial operation involves selecting a solvent, chemical or mechanical method for adequately removing the conformal coating. Complete removal of coating, including residual particulates, in the area of the solder joint to be reworked or repaired, must be achieved to prevent possible contamination during the rework/repair process.

After the soldering operation, cleaning is again similar to that described in 6.3.5.2. However, the final post solder cleaning of the reworked/repaired area needs to be sufficient to assure adhesion and quality in the subsequent reapplication of conformal coating.

6.4 Assembly Cleaning Media and Equipment

6.4.1 Solvent Cleaning The purpose of this section is to give a basic understanding of the cleaning media and equipment used in the solvent based cleaning of electronic assemblies. The subject of solvent based cleaning is fully detailed in the IPC manual IPC-SC-60, "Post Solder Solvent Cleaning Handbook." The reader is referred to IPC-SC-60 for a more in-depth and complete discussion of this method of defluxing.

6.4.1.1 Media Several types of organic solvents are used in the cleaning of printing wiring boards (PWBs), printing wiring assemblies (PWAs), surface mount assemblies (SMAs), and hybrids. The most widely used solvents were chlorinated and fluorinated compounds. The chlorinated (1,1,1-trichloroethane) and chlorofluorinated (CFCs) solvents are ozone depleting chemicals (ODCs) and are banned from production in developed countries by global treaty (Montreal Protocol). Several hydro-chlorinated, hydro-brominated and hydro-fluorinated solvents are in use, at present, in cleaning applications. Currently, the most common of the solvents are certain HCFCs deemed as acceptable substitutes for CFCs by regulation, HFCs, HFEs, n-PB (see Table 6-1) and various combinations based on alcohols (both short and long chain) or esters. The cleaning formulations are prepared by mixing appropriate solvents for specific applications. To be effective, a cleaner should have the proper spreading and wetting characteristics as well as solvency.

Table 6-1 Common Solvents Used in Cleaning Process

Acronym	Solvent Name
HCFC*	Hydrochlorofluorocarbon
HFC	Hydrofluorocarbon
HFE	Hydrofluoroether
nPB	N-propyl bromide

*Only certain HCFCs are deemed as acceptable for CFCs by regulation.

Additionally, solvent formulations used are generally azeotropes, which is a solvent mixture that has a sharply defined boiling point or very narrow boiling range, so it behaves like a pure material in vapor defluxer. (The technical definition requires that the composition of the vapor and the liquid phases are identical at the boiling point.) Thus an azeotrope can be as easily used for cleaning and recycling just like a pure cleaning agent. Nonazeotropic blends fall into two categories: homogeneous – where boiling point of the blend varies with composition of the mixture; and heterogeneous – where boiling point of the mixture is set by the lowest boiling component of the mixture.

6.4.1.2 Equipment Solvent cleaning equipment falls into two general classes. The two classes are defined as batch – where the PWAs to be cleaned are moved from stage to stage in baskets; and in-line – where the PWAs to be

cleaned are moved from stage to stage on a continuous belt. Batch solvent cleaners usually have one to four tanks, with two or three being the most common. The workbaskets can be moved manually from tank to tank by an operator or by a hoist, which can be programmed or operator actuated.

6.4.1.2.1 Vapor Defluxing Process For simplicity, the vapor defluxing process will be described using a three-tank batch cleaner; bearing in mind that the principles remain the same if tanks are added or subtracted from the design. The cleaner will have three tanks or sumps: boil, rinse and condensate rinse; arranged in order from left to right.

The workbaskets can only be immersed in the boil and rinse sumps, since the condensate tank is shielded to maintain the solvent at the highest purity level. Solvent is boiled in the first or boil sump. Vapors rise until they condense on the condensing coils mounted on the tank walls. Multiple loops of coil are generally used, with the heat input balanced for optimum condensation, which is generally on the middle loop of the coils. As solvent vapors come into equilibrium by condensing on the coils, a vapor blanket thus forms over the sumps, displacing air over the sumps. Solvent regenerated by condensation on the coils drops into a trough that surrounds the interior of the cleaner just below the coils. The condensed solvent runs to the right, where it runs through a device to remove water (either a water separator or a desiccant dryer, depending on the formulation), and finally collects in the condensate rinse sump.

When enough solvent is condensed to fill the condensate rinse sump, it overflows in a countercurrent manner into the rinse sump, which in turn overflows into the boil sump. Thus the solvent constantly follows a circular path from boil sump to vapor to condensed solvent to condensate rinse sump to rinse sump and finally back to boil sump. The solvent flow is from right to left while the work flow is from left to right (counter-current). Soils washed or rinsed off PWAs will concentrate in the boil sump. Eventually soil level in the boil sump will be high enough that cleaning performance drops off. The boil sump solvent is then removed and reclaimed in a still. After the boil sump is filled with fresh solvent, cleaning can commence.

Many users pipe the boil sump to a remote still to facilitate continuous distillation and reclamation of solvent, thus keeping the soil level in boil sump low and constant. Alternatively, some equipment designs feature a second, offset boil sump for continuous distillation of solvent for re-use. In this case, the offset boil sump is shielded to prevent immersion of workbaskets. If a continuous still or offset boil sump is not used, solvent is typically replaced in the boil sump when the soil level reaches 5-7%.

Simple nonvolatile residue (NVR) monitoring methods are available to allow operator to check solvent soil loading. The point where cleaning performance falls off can be established by simultaneously tracking the NVR and ionic contamination levels on the PWAs.

6.4.1.2.2 Optimizing the Vapor Defluxing Process To minimize solvent losses to the workplace atmosphere and optimize economics, minimal disturbance of the vapor blanket is required. To achieve this result, the workbaskets must be restricted to less than 3 meters/minute vertical or horizontal movement, entering or leaving an immersion sump; or moving between sumps. If the basket is abruptly lowered into the sumps, significant solvent loss will take place via the "piston effect" and loss of the vapor blanket. The cross-sectional area of the workbasket should only be about 75% of the cross-sectional area above the sump. The buffer zone around the basket enables the vapor blanket to adjust to the entrance of the work. If the workbasket exceeds the stated area and the basket is thrust into the sump, the vapor blanket is pushed aside, flows up the inner sides of the tank, displaces the air above the vapor blanket, and finally flows over the lip of the cleaner, where it is lost into workplace atmosphere. The basket must move within the vapor blanket during the transition between sumps. Finally, the workbasket must remain in the vapor blanket over the rinse sump for a sufficient time for the basket and work to reach thermal equilibrium with the solvent vapor. If all these steps are carried out correctly, the work and basket will emerge from the cleaner with only a thin coating of vapor.

6.4.1.2.3 Batch Equipment The simplest batch cleaner for electronics cleaning will have three distinct tanks or sumps. The first is the wash sump, where the PWAs are immersed in the boiling solvent. The second is the rinse sump, where the PWAs are immersed in warm solvent. While often called the cold sump, this is a misnomer, since the solvent is a nominal 3-5° below the boiling point. The third sump is the condensate rinse sump, which collects and holds the solvent vapors that have just been condensed on the chilled coils above the vapor zone. After condensation, the solvent passes through either a water separator or a desiccant dryer, which removes any water condensed from the air. Each batch cleaner should be fitted with the following design features:

- Immersion heaters matched to the cooling capacity of the condensation coils. Immersion heaters use hot water or steam instead of electrical heaters
- Boil-up rate designed to have condensation occur on the middle loop of the cooling coils (typically running at 4-10°C [39-50°F]).
- Coils chilled by either a refrigeration system or closed loop external chiller (relying on cold water does not permit the needed process control)

- A secondary set of coils (typically running at 1.5°C [34.7°F]) above the primary set to dehumidify the air over the vapor blanket
- A trough below the secondary coils to remove condensed water
- A sliding or rolling cover that moves parallel to the floor instead of a hinged cover (raising such a cover disturbs the vapor blanket)
- Optional cooling coils in the boil and rinse sumps to maintain the solvent at a lower than ambient temperature during idle periods

The outer shell of the defluxer must be high enough to provide sufficient "freeboard," which is defined as the ratio of the distance from the top of the cleaner to the top of the vapor blanket: the width of the cleaner. While the older chlorinated and fluorinated solvent equipment were generally designed with 50% and 75% minimum freeboards, respectively; modern equipment normally uses a 150% minimum freeboard.

A number of options to enhance cleaning performance may also be fitted, including rinse sump ultrasonics and/or a spray wand. For solvents, 40 kHz or higher frequencies are typical. To prevent harmonics, modern ultrasonics generally does not work at a single fixed frequency, but sweeps back and forth over a narrow range at or above 40 kHz. This prevents harmonics that could potentially cause problems with wire bonds, allowing delicate PWAs to be cleaned safely and efficiently. Spray wands, a significant source of solvent loss, either should be used correctly or not at all. Spray wands are typically set up to draw solvent from the condensate spray chamber upon demand, usually by a foot-operated pedal. Keen operators will note that when spraying is carried out as directed, which is below the vapor blanket, the blanket collapses, then rebuilds. During the re-establishment of vapor blanket, any solvent that has diffused into the air above the vapor blanket is pushed up and out of the machine, thus increasing overall losses. This happens because solvent forms tiny cold droplets that act as additional condensing surface. This can be avoided by re-wiring the foot pedal to turn off the spray pump when it is actuated. Then the spray wand can be left in the rinse sump with fresh warm solvent constantly passing through it. When needed, the pedal is pressed, the spray turns off, the operator aligns the spray nozzle where needed below the vapor blanket and turns the spray back on.

The typical cleaning cycle in a batch defluxer is: boil sump, 2-3 minutes; rinse sump, 1-2 minutes; vapor zone (drying), 0.5-2 minutes. The cycle time can be optimized based on visual observation and ionic cleanliness data. Extending the time in boil sump can be counter productive, as after a certain period redeposition of soil onto the PWAs will start to occur. Attempts to clean by suspending the PWAs in the vapor zone over the boil sump, then over the rinse tank, followed by vapor drying are not as effective as immersion cleaning for PWAs. While vapor cleaning can be effective for large metal parts with high heat capacity (such parts condense large amounts of solvent which flow down over the part to wash and rinse it), it is not effective for plastic PWAs with their inherently low heat capacity.

6.4.1.2.4 In-Line Equipment The same principles that were described above for batch cleaning designs will also hold for in-line or conveyorized cleaners. The conveyor path is not horizontal, but descends at an angle into the body of the cleaner, then horizontally during the cleaning and rinsing steps, prior to ascending at an angle to the exit area where the clean dry PWAs are transferred to the next step in manufacturing process. The key to efficient cleaning with minimal solvent usage is minimizing the vapor-air interface. Thus the system should be designed so this interface is just large enough to get the work in and out of the cleaner.

The work passes through the air on the entrance part of the cleaner, descends through the vapor-air interface without disturbing it, passes horizontally through a spray wash zone, through one or more spray rinse zones and then through the vapor blanket for drying; prior to exiting the machine. The spray zones are normally fitted with multiple spray nozzles on multiple spray bars for the wash, rinse and condensate rinse zones. Pressures in the upper banks of nozzles are set slightly higher than the nozzles below the conveyor belt to ensure the PWAs stay as placed on the belt. Wash, rinse and condensate sumps that feed the corresponding banks of spray nozzles are beneath the conveyor belt.

Each sump is fitted with pumps to feed the spray manifolds, with filters in the piping before the pumps. Sets of coils to condense the vapor are located in the entrance and exit sections of the cleaner. The horizontal section of the belt chamber is depressed so it completely fills with vapor during operation, which ensures that all the spraying and drying takes place in pure solvent vapor. The speed of the conveyor belt is normally set slightly faster than the reflow or wave solder conveyors, which ensures that the PWAs are only one layer deep on the cleaning belt. Various studies have shown that cleaning can be best maximized by increasing both the spray nozzle flow rate and pressure, since ultrasonics cannot be used in a spray/vapor configuration as there is no immersion.

6.4.1.2.5 Retrofitting Solvent Equipment Older cleaning equipment can often be retrofitted to allow efficient, environmentally responsible use of newer cleaning agents. Retrofit kits can be obtained from original manufacturers or retrofit specialists. The kit may include extended freeboard with a secondary bank of condensing coils, sliding or rolling cover, piping changes to eliminate liquid or vapor

losses, hoods, enclosed basket transport mechanisms, remote still, and automation of cleaning cycle.

The extended freeboard, secondary coils and sliding cover are the most critical items to include. Batch cleaners are much easier to retrofit than in-line cleaners, due to the enclosed conveyor belt tunnel design. It is usually better to replace an outdated in-line cleaner with a modern design that incorporates all the above solvent conservation features.

In case of PWA designs with high solvent entrapment potential, hot vapor recycle (HVR) can be very useful to facilitate drying and minimize solvent loss. HVR systems draw off part of the solvent vapor, superheat it so that the vapor temperature is above the normal boiling point of the solvent, then apply it to the surface of the PWA using a vapor knife. The superheated vapor flash evaporates any residual liquid solvent, which is then condensed by the coils and returned to the system, allowing PWAs to exit the cleaner taking out only a small amount of vapor. Such HVR systems do require a thermally stable solvent to operate properly.

6.4.1.2.6 Solvent Distillation Equipment Many users want to maximize solvent conservation and economics while maintaining minimum investment in solvents. The use of a reclamation still fills both needs. Typically, when the boil sump solvent contains 5-7% of soil (NVR), it is removed from the machine for recycling. Losses take place in draining and refilling the sump if this is not done correctly. Astute users pipe one or more cleaners to a still to facilitate solvent recycling. After distillation, filtration, drying and adjustment of the stabilizer package or other components as required, the solvent is piped back to the point of use. The NVR levels in a still, when operated properly, can reach 80%, thus only a small amount of solvent is sent for disposal. Disposal by incineration at a cement kiln is the preferred process.

6.4.1.2.7 Retrofitting Solvent Equipment for the Co-Solvent Process Modern co-solvent cleaning uses a homogeneous mixture of hydrofluorocarbon, usually a hydrofluoroether, in combination with a high boiling solvating agent. Adjusting the ratios of solvents in the boil sump can simulate boiling points ranging from that of 1,1,1-trichloroethane (TCA) to trichloroethylene to perchloroethylene. The rinse sump is filled with pure hydrofluoroether.

The process is run like a standard vapor defluxing process, first immersion in the boil sump, then immersion in the rinse sump and finally drying in the hydrofluoroether vapor blanket. While the process can be substituted for CFC-113, TCA or HCFC-141b in any modern vapor defluxer suitable for these solvents, it is best to operate with the extended (150%) freeboard, secondary condenser coils and sliding or rolling cover retrofit package described in 6.4.1.2.5 for maximum effectiveness and lowest solvent usage.

The low level, vapor-up, temperature/flow and high vapor safety sensors may need to be readjusted in retrofitted equipment originally built for a different solvent.

6.4.1.2.8 Solvent Vapor-In-Air Monitoring Numerous methods are available to facilitate solvent vapor in workplace air monitoring. Profiling the cleaner when it is under full cleaning load will give the best information on compliance with standards.

Whatever method is used, it is best to crosscheck it with an established method such as gas chromatography. Samples should be taken at the entrance and exit of the cleaner, as well as in the area where the operator could inhale any vapors coming out of the machine. Elimination of drafts, air currents and fans that could blow over the top of the cleaner is critical for minimizing solvent in air levels.

6.4.2 Aqueous Cleaning The purpose of this section is to give a basic understanding of the cleaning media and equipment used in the aqueous based cleaning of electronic assemblies. The subject of water based cleaning is fully detailed in the IPC manual IPC-AC-62, Aqueous Post Solder Cleaning Handbook. The reader is referred to IPC-AC-62 for a more in-depth and complete discussion of this method of defluxing.

Aqueous cleaning is an extremely effective and well-understood technique for defluxing electronic assemblies. Importantly, waste treatment and water conservation principles are equally well known and readily accessed. Defluxing with water permits removal of the more aggressive water-soluble fluxes, which are often favored because of their effectiveness.

The media involved in aqueous based cleaning is quite simply either water alone or water plus an additive. Adherence to water purity standards is important for the success of this technology. Rinse water is often close-looped for the purposes of economics and water conservation. New types of aqueous based cleaning agents have been made available in the last few years. They are more effective and have worker safety and/or environmental advantages over the older monoethanol/glycol ether type of aqueous additive.

Modern aqueous cleaning equipment is technically very sophisticated, yet easy to use. Wash equipment is either of the in-line conveyorized, high volume type or batch in nature. Features on in-line conveyorized equipment, such as the efficient drag-out zones, maximize cleaning efficacy, ease and economics of water treatment. Batch cleaning equipment is highly automated, but the operating parameters can easily be varied. Water based cleaning has a significant advantage over other nonaqueous wash media in permitting the use of plastic equipment. Other cleaning

media generally require the use of the more expensive stainless steel equipment. In addition, flammability protection is not a concern with aqueous based equipment.

6.4.2.1 Wash and Rinse Media In aqueous post solder cleaning, the wash media is either solely water or water plus an additive. By IPC definition, when an additive is employed in aqueous cleaning, at least 50% of the wash system is water. The use of water as the primary ingredient in defluxing takes advantage of the ready solubility of ionic species in water. Ionic residues are the most detrimental contaminants for electronic parts.

Water without additives will not permit the removal of rosin based flux residues. While water alone is often satisfactory for removing water-soluble fluxes, additives may be required when white residues, oily soils or tight spacing are encountered. Excessive foam is a fairly common problem when using water-soluble fluxes. This situation can often be controlled with the addition of a foam control agent.

Unlike wash media, water without additives should normally be used for rinsing electronic circuit boards. However, addition of a small percentage of light alcohol to the final rinse water does often enhance performance. The role of rinse water is to remove residues without leaving a residue of its own. Any additives in the rinse water would work against the purpose. Similarly, any hardness ions (i.e., calcium and magnesium) or naturally occurring impurities in the rinse water would likely be left on the boards after drying. Thus, good quality deionized water is the preferred rinse medium.

6.4.2.1.1 Water Without Additives Water without additives is used for the removal of residues resulting from water soluble fluxes. These fluxes have been designed for cleaning with water alone. However, it is extremely important that all residues are completely removed. Because of the aggressive nature of most of these fluxes, incomplete removal may result in corrosion in just a short period of time. Every effort must be made to ensure that residues are removed from areas with close spaces, such as under components. The relatively high surface tension of water can make flux removal challenging for parts with tight spacing.

For many operations, the use of water without additives yields parts with the required level of cleanliness. Success depends on the nature of the part itself, effectiveness of equipment and minimization of the period between soldering and cleaning. Wash temperatures are generally in the 50°C to 65°C [122°F to 149°F] range. It is important to use good quality deionized water to aid in effective rinsing.

6.4.2.1.2 Surfactants and Other Nonreactive Type Additives Nonreactive type additives are defined as those that do not react chemically with process residues being removed. The greater portion of this category is comprised of two broad classes of materials, namely surfactants and solvents. In aqueous defluxing formulations, these materials can be used with each other or with reactive type additives. It is likely that all aqueous cleaning formulations contain some nonreactive type additives.

The term surfactant covers a wide range of functional materials, from emulsifying agents to defoamers. The basic commonality is that all surfactant molecules contain both a hydrophilic or water loving portion and a hydrophobic or water hating portion. The functional role that surfactants play depends upon the structure of the hydrophilic and hydrophobic groups and upon the weight ratio of these groups to each other.

These materials are broadly classified according to the charge on the hydrophilic portion. They are thus identified as being anionic (negative charge), nonionic (no charge), cationic (positive charge) and zwitterionic (can carry either a positive or a negative charge depending on the circumstances). It is the nonionic type that finds the widest use in the cleaning of electronics.

A distinct advantage of surfactants is their ability to function effectively at low concentrations. They are very effective in solubilizing or emulsifying oily and other types of residues.

Surfactants serve a key function by improving the ability of water to wet surfaces. Water has a relatively high surface tension. Water molecules are strongly attracted to one another and thus tend not to spread on surfaces. Surfactants function as wetting agents by reducing the surface tension. This then permits the water to wet or spread on surfaces and helps water get into tight spaces.

Foam control is another area well served by surfactants. The ability of a surfactant to defoam is often very temperature dependent. The defoaming action may only occur above a certain temperature for a given surfactant. Surfactants used to control foam are either used by themselves or as part of defluxing formulation. It should be noted that there is a special class of defoaming agents known as silicones, which should not be used with circuit boards. Silicone residues are virtually impossible to remove and result in adhesion difficulties and soldering problems.

The other major class of nonreactive materials is the solvent group. Their primarily organic nature helps them penetrate and dissolve organic residues. These materials also fall into the category of volatile organic compounds (VOCs). The actual VOC contribution depends on the substance itself and the amount that is added to the wash bath.

Organic solvents can be divided into those which are completely water insoluble and those with structure permitting varying degrees of water solubility. Except for organic solvent emulsions, it is the water-soluble type of solvents that

are used in aqueous post solder cleaning. With the possible exception of the emulsion approach, organic solvents need to be used at relatively high concentrations. When solvent levels are sufficiently high, both solubilization and surface tension reduction can occur.

There are various water soluble type organic solvents that are used in aqueous washing. These solvents include glycol ethers and higher molecular weight alcohols, such as tetrahydrofurfuryl alcohol. Organic solvents are generally used in conjunction with a reactive material that supplies alkalinity. For example, the above mentioned glycol ether and alcohol solvents in combination with the reactive monoethanolamine have often been used in aqueous defluxing.

Corrosion inhibitors and/or agents who help retain solder joint brightness, are often also used in aqueous cleaning formulations. With metals that are particularly sensitive to alkaline media, such as black anodized or conversion-coated aluminum, proper choice of inhibitor is very important. These materials are either organic or inorganic in nature and can be very effective.

6.4.2.1.3 Saponifiers In the electronics industry, the term saponification refers to the use of alkaline materials to convert water insoluble rosin flux residues into water-soluble soaps. The alkaline material reacts with rosin's carboxylic acid group, forming a soap that can then be removed with water. It should be noted, however, that saponifier materials are always formulated with other ingredients, such as surfactants and/or organic solvents.

The saponifier agents are either organic or inorganic in nature. The organic type is often composed of alkaline amines and the most commonly used is monoethanolamine (MEA). As received, (i.e., the concentrate) formulations which utilize MEA generally have pH of 12 to 13 and a bath pH of 11.5 to 12.0. Alkaline amines also fall into the VOC category.

The defluxing organic saponifiers generally use higher levels of organic solvents. MEA based defluxing agents, for example, are usually formulated with glycol ethers. High molecular weight alcohol has also been used with MEA and can be thought of as an alcohol based saponifier.

The inorganic type saponifier is a more recent development. Basically, an inorganic buffer salt is formulated with low levels of surfactants. Solvents (e.g., glycol ethers or alcohols) are not used. This type of saponifier does not have VOCs. This lack of VOCs has the additional benefit of extending bath life because the basic ingredients do not volatilize at elevated bath temperatures. The inorganic buffer yields both as received and bath pH of approximately 11. Because of low organic loading, this type of saponifier also has a relatively low BOD (biological oxygen demand) and COD (chemical oxygen demand).

Deionized water is preferred for wash water make-up with all types of saponifiers, but good quality softened water will often suffice. Calcium and magnesium ions (i.e., hardness ions) can potentially result in the formation of insoluble flux residues.

It should be noted that saponifier type cleaning formulations can be used with nonrosin and pastes, such as water soluble fluxes and at times, with no-clean water washable fluxes.

6.4.2.1.4 Organic Solvent Emulsions in Water This cleaning technology uses relatively small amounts of non-miscible organic solvent (2 to 10%, nominal 5%) in the form of an emulsion in water. This hybrid approach provides effective bipolar cleaning. As proven by IPC/EPA/DoD testing, solvent emulsions are capable of removing rosin and other nonpolar materials, while the aqueous portion dissolves water-soluble residues.

In this process, controlled amounts of organic solvent are mixed with water in the wash chamber. An "emulsion" of fine dispersed solvent droplets in water is formed in the wash reservoir and sprayed onto parts to be cleaned. During the wash cycle, the sprayed solvent/water mixture that drains back into the wash reservoir is continuously emulsified.

After completion of the wash cycle, the emulsion is broken and the organic solvent portion that contains the residues separates from the water carrier. The collected organic solvent waste floats at the top of the wash tank and is easily removed. Routine rinsing with deionized water then follows the wash.

Overall, this process concept yields benefits from organic solvent cleaning and water cleaning. The relatively higher boiling points and lower vapor pressures of the organic solvents used minimize VOC emissions. The small amounts of organic solvents in an aqueous medium also do not normally present a fire or explosion hazard.

6.4.2.1.5 Rinse Water Parameters Good quality deionized water is the preferred rinse medium. However, this is not meant to suggest that ultra pure, 18.2 megohm-cm water is necessary. This grade of deionized water is expensive, extremely difficult to maintain and can be corrosive to metal surfaces. Water in the 1 to 5 megohm-cm region will be satisfactory for most operations. Usually the most economical way to achieve this quality water is by a closed loop rinse system. The temperature of the rinse water should be as high as possible, but compatible with parts and process.

6.4.2.2 Equipment The aqueous post solder cleaning process consists of three basic stages:

- The wash stage (removal of bulk of residues)

- The rinse stage (removal of wash solution)
- The drying stage (removal of surface water and absorbed water)

The wash stage may use one or more sub-stages, such as a prewash which removes the bulk of water soluble residues and water soluble temporary solder mask with a plain water wash. The pre-wash may use lower purity water from another wash stage for conservation.

The rinse may also employ several sub-stages, such as a pre-rinse that may use water from the final rinse. The final rinse typically uses deionized water. This rinse water may be re-used in other rinses.

For in-line equipment, air knives between various process stations, i.e., removal of surface liquid from the parts by means of forced air, is a recommended practice to avoid dragging wash and rinse solutions from the previous process station into the next one.

6.4.2.2.1 Spray in Air Both wash and rinse application by spraying the parts in closed chambers with wash media and subsequently with rinse water, is a very common approach used by both in-line and batch cleaning techniques. Spray energy (pressure and volume) used influences efficiency in residue removal. Higher spray pressures impart more mechanical velocity into the sprayed droplets. The resulting impact on targeted surfaces will dislodge deposits more easily than a low-pressure spray of the same volume. Surfaces that are shielded from the spray, however, will not benefit from high impact spray, as droplets bounce back. A so-called "soft spray" with a mist of low-pressure spray will cause flooding of surfaces and allow solubilization of residues. Capillary action draws the wash or rinse into crevices. Hence some equipment types use both a hard spray (impact principle) plus a soft spray (flooding principle) to combine both advantages. Spray washing and rinsing has limitations in effectiveness, when narrow component standoff heights are encountered. For this reason, many machines use high velocity solid jets for washing and fine fan-sprays for rinsing.

6.4.2.2.2 Spray Under Immersion Agitation is crucial for successful cleaning to occur. There must be some mechanical agitation to force the fluid onto parts to be cleaned and to replenish the chemistry at fluid/part interface, as it becomes saturated with contaminants.

Spray under immersion uses jets located under the surface of cleaning solution to provide the mechanical agitation necessary to remove contaminants and replenish cleaning media at the surface of parts being cleaned. For batch equipment, nozzles are often conical or fan shaped. Typical nozzle flow rates are 0.7 to 2.0 liter per minute (0.18 to 0.53 gallons per minutes), with pressures at 4.0 to 5.5 kilograms per square centimeter [56.9 to 78.2 pounds per square inch]. Positioning of nozzles should be offset from each other on opposing sides to prevent the jets from interfering with each other. The action is very similar to the Jacuzzi® jets used in whirlpool and hot tubs. For surface contaminants, high "stand-offs," and easy to remove fluxes, the turbulence caused by jets is often sufficient for acceptable cleaning. When low "stand-offs" are present, or the flux has been caramelized due to exposure to very high temperatures, the turbulence alone may not provide adequate agitation for cleaning to occur. Direct impingement from the spray jets may become necessary to remove the tenacious contaminants. Orientation and positioning of the boards in relation to the nozzles becomes critical.

Spray under immersion is used in both batch and in-line equipment but is applied by different methods. Pump size pressures and fluid volumes may be significantly different. The open tank design of some of the batch equipment does not permit use of high-pressure sprays. Part orientation on the conveyor belt allows for a far more direct spray impingement than the batch process.

Spray under immersion is a useful technique when pumping combustible or foaming solutions. However, flammable mists may be created when spraying combustible solutions.

6.4.2.2.3 Centrifugal This method of application utilizes centrifugal energy, produced by rotation of the product while immersed in a bath or subjected to a spray for washing, then subjected to a spray for rinsing.

The rotating parts transfer centrifugal and coriolis accelerations to the mass of liquid cleaning agent, which results in sufficient force to propel the liquid into spaces containing flux residues and other contaminants. This application provides effective penetration because the cleaning agent flows parallel to board surface and under closely spaced components. Reversing the product's direction of rotation every few seconds disrupts the developing laminar flow pattern of liquid and produces momentary random flow as liquid is propelled into the opposite direction of rotation. Repetition of laminar-random liquid flow pattern produces thorough washing and rinsing actions from all directions, which overcomes any shadowing effects. The mechanism of cleaning which provides benefits to the manufacturer, is the penetration of wash and rinse media into tight spaces, tapped holes, blind vias, cavities, crevices, and all other locations where flux and other contaminants are entrapped.

6.4.2.2.4 Ultrasound Ultrasound is all sound above the human audible level. Ultrasonic cleaning operates from 18 to 300 kHz, with most precision cleaning currently being in the range of 40 kHz. An ultrasonic system consists of a generator, which acts as an electrical converter/amplifier, and transducers, which convert electrical energy from the generator to mechanical energy in the form of vibrations (similar to a loud speaker in stereo system). The transducer

bonded to a process tank produces sound waves in the form of positive and negative pressure zones in the cleaning solution.

Actual cleaning is accomplished by cavitation; which is the rapid formation and violent collapse of minute bubbles in the cleaning liquid. Energy released from a single cavitation is very small, but millions of these bubbles implode every second, resulting in intense scrubbing action that is the characteristic of ultrasonic cleaning. High temperatures and pressures of the implosions also improve the effectiveness of cleaning chemistry. Because of the minute size of cavitations (1 to 50 microns at 40 kHz), ultrasonic is normally not geometry sensitive and is able to penetrate areas (e.g., under low standoff surface mounted components) that are difficult for other methods of agitation.

There are several factors that are important to ultrasonic cleaning. The temperature of liquid can change the characteristics of individual cavitations, and cavitation is most effective between 43° and 82°C [109.4° and 179.6°F]. It is important that ultrasonic and/or heating under vacuum of the solution drive out all dissolved gases in the tank before cleaning is attempted. If these gases are not removed, much of the ultrasonic energy will be used in compressing these gas bubbles and will not be available for cleaning. An ultrasonic tank must be as calm as possible for good propagation of sound waves. Filtration is necessary in cleaning operations, but recirculation should not be run at rates higher than 20% of the tank volume per minute.

Ultrasonic is used in rinsing as well as in washing. Agitation in the rinse is often overlooked, but just as it is required in the washing bath, it is also imperative in the rinse stations to ensure complete removal of residual contaminants and chemistries introduced during washing.

6.4.2.3 Drying The term "drying" in the context of aqueous cleaning most often refers to the post aqueous cleaning removal of residual water from the surface being cleaned. There are several levels of "drying" to remove water commonly encountered in electronics part cleaning.

6.4.2.3.1 Air-Knife and Forced Air Drying The use of high volume air knives to blow liquid water from surfaces before drying greatly improves drying efficiency. Air-knife drying consists of blasting air at high velocities. The action of air-knife drying is to blast off gross water from the parts. Little evaporation takes place. Forced air (forced convection) drying involves blowing heated, dry air across the surfaces of parts to be dried. Forced air drying is very efficient since the barrier layer of air at the surface of the substrates being dried is continually disturbed and replaced with fresh, hot dry air. Typically the temperature of heated air impinging surfaces to be dried is in the range of 93 [199.4°F] to 121°C [249.8°F]. This temperature range is usually determined by the temperature sensitivity of parts being dried or material of construction of dryer, i.e., metal vs. plastic polymer.

6.4.2.3.2 Radiation Drying Radiant heat drying or conduction drying can also be used to dry parts. Conduction air-drying is the least efficient since the transfer of heat energy to parts is controlled by the low conductivity of air. As a result, barrier layers of moist air often develop at the surface of wet parts thereby inhibiting thermal transfer to parts. The effectiveness of radiant heat drying utilizing focused and unfocused infrared (IR) energy varies depending on the composition of hardware being dried. Some materials are efficient IR energy adsorbers and heat up rapidly, thereby vaporizing liquid water and absorbed/adsorbed water. Those materials that are less effective in absorbing IR energy will take longer to heat up and dry.

6.4.2.3.3 Vacuum Drying Vacuum drying is a viable option for rapid drying of temperature sensitive hardware. The vacuum level typically employed is in the range of 200 to 735 of vacuum gauge.

6.4.2.3.4 Organic Solvent Drying Agents Organic solvent drying agents are another option for water removal. There are two types of systems in use: displacement drying and absorption drying. Both systems accomplished drying at relatively low temperatures in an oxygen free environment. The key difference is that displacement drying uses a water insoluble drying agent to remove water while absorption drying uses a water soluble organic material for this purpose.

6.4.3 Semiaqueous Cleaning The purpose of this section is to give a basic understanding of cleaning media and equipment used in semiaqueous based cleaning of electronic assemblies. The subject of semiaqueous based cleaning is fully detailed in the IPC manual IPC-SA-61, Post Solder Semiaqueous Cleaning Handbook. The reader is referred to IPC-SA-61 for more information.

6.4.3.1 Media In a semiaqueous process, completed assemblies are cleaned in an organic solvent (100%, undiluted) and rinsed with water. The most common semiaqueous cleaning agents are based on terpenes, high molecular weight alcohols, aliphatic hydrocarbons, esters, or combinations of these. Semiaqueous solvents may be soluble or insoluble in water.

All semiaqueous cleaning agents share several characteristics. First, they are not ozone depleting chemicals. Second, they were formulated to clean a broad range of fluxes and pastes after wave or reflow soldering. Third, they are compatible with PWB and component materials of construction. Fourth, semiaqueous cleaners clean effectively even when they contain a high concentration of flux residue.

6.4.3.2 Equipment Semiaqueous cleaning agents are used in either batch or in-line equipment in which parts are washed in the semiaqueous organic cleaning solvents, rinsed in a series of aqueous rinses, and then dried.

7 LESSONS LEARNED

The following lessons learned are contributions from industry experts.

7.1 White Residues[8] There are myriad causes for white residues, depending on the flux used. Rosin, being a natural product, is a complex mixture of isomers. Certain of these are white residue precursors. Thermal analysis can detect the presence of such precursors in a flux upon delivery, prior to its use in production. Even better is the removal of such precursors by pre-treatment prior to blending the flux. Pre-treated fluxes are almost completely immune to high temperatures during pre-heating and soldering, even with thick multilayer PWAs.

Water-soluble fluxes can also yield white residues, often resulting from thermal cross-linking of flux constituents during soldering. Cures for white residue, once it is present, include coating the PWA with flux, passing it back through the soldering process pre-heating step, and then re-cleaning it. The goal is to take up and suspend the white residue in the fresh flux coating, which can be readily solublized in a second cleaning step.

Liquid solder masks can also result in white residues. These formulations often include a fine, white particulate filler, designed to add body to liquid mask and minimize runniness. If the mask is not cured completely, part of the organic polymer will be stripped away, exposing the filler, which appears to be a residue. If the residue does not dissolve in acetonitrile, 2-propanol or water, then it should be heated with a heat gun. If the residue vanishes, then the problem is the curing step. (Upon gentle heating, the green organic part of the mask softens, allowing the filler to sink below the surface and disappear.)

7.2 Tan Residues[7] Tan residues are a variant of white residues; found with RMA rosin fluxes on PWAs soldered at two feet per minute or less and cleaned in CFC-113/methanol azeotrope. Extensive work identified the contaminant as a rosin-metal material. Cleaning in the higher boiling 1,1,1-trichloroethane removed the residue.

7.3 Gray Residues[7] Gray residues were the first example of ionic contamination. Extensive analytical work determined the residue to be lead oxide, which was bound to the PWA surface. Functionally, the PWAs exhibited SIR failure under elevated temperature and humidity conditions. The phenomenon was reversible. The residues were found to originate when the PWA surface was subjected to an acidic condition, e.g., from halogenated solvent that had gone acid. Naturally, any other source of acid could cause the same problem. These residues could be removed by spraying them with a rosin formulation, curing for one hour to bind the residue to the rosin formulation; and then spray cleaning with a stabilized halogenated solvent containing 35% wt. alcohol.

7.4 Temporary Solder Mask[7] Temporary solder mask comes in soluble and insoluble forms. A temporary solvent or water soluble solder mask can be used to block holes or pads used for testing or for later attachment of sensitive or missing components. Insoluble (also called latex or peelable) solder masks require manual removal after soldering, adding to the cost of overall process. Often the removal process can cause damage to delicate component leads as well.

7.5 Solder Mask[7] Solder mask problems generally involve two mask types; ultraviolet cured or dry film. Less than optimal processing of either type can result in residues and/or solder balls.

7.5.1 Ultraviolet Cured Solder Mask[7] Ultraviolet lamps, unlike incandescent lamps, start to degrade as soon as they are turned on. Thus ultraviolet cure cycles should be monitored on a regular basis, so the production line speed can be adjusted for the fall-off in lamp intensity. Failure to do so will result in mask that appears cured to visual inspection, but which will react with and bind to dross in the soldering operation(s). Such residues can be removed using the same technique described in 7.3.

7.5.2 Dry Film Solder Mask[7] The very smooth dry film solder mask presents an excellent surface for adhesion of extremely thin films of contaminant; often white residues. In addition, it will also bind solder balls to it with flux residues. Synthetic Activated (SA) fluxes appear to minimize such interactions. Matte finish solder masks have been implemented to solve such problems, since the rough surface presents only a fraction of the attachment or binding sites compared to the dry film.

7.6 Surface Roughness[9] The most important prerequisite to achieve a superior adhesion of subsequent coatings (e.g., solder masks) to bare PCBs, especially copper surfaces, is sufficient surface roughness. An adequate cleaning process provides a surface roughness of 1-2 μm minimum.

8. W.G. Kenyon, Global Centre for Process Change
9. Thomas Ries, Lackwerke Peters GmbH + Co KG, Germany

7.7 Drying[8] If the cleaning equipment is installed in an in-line process, it is of utmost importance to monitor the final drying of PCBs after cleaning and rinsing. PCBs that are insufficiently dried cannot perform perfectly in regards to solder mask adhesion.

7.8 Copper Surface Cleanliness Testing[8] The water break test is a method of determining the quality of any copper surface cleaning process. Test principle is based on the wettability of water on solid surfaces. The more smooth, compact or oxidized the substrate (copper), the faster the water dewets. The longer the water film remains stable on the substrate, the better the adhesion of subsequent coatings like dry or liquid photoresist, solder mask, etc.

7.9 Water Pressure[10] While water pressure is good for cleaning, too much water pressure is not necessarily better. Too much water pressure decreases the ability of chemistry to interact with residue, causing the solution to bounce off the part rather than clean away the soil. When optimizing a cleaning process, water pressures should be increased gradually while measuring the impact on cleaning efficacy. Once there is no increase in cleaning efficacy, optimal cleaning pressure has been achieved.

8 VERIFICATION PROCESS CONTROL

8.1 Introduction Quality of product, in terms of performance and reliability, is affected by cleanliness. Contaminations cause problems such as nonadherence of solder masks, delamination in multilayer boards, poor solderability, electrical leakage between conductors and high resistance in connectors.

Quality assurance involves periodic inspection or process checks. Testing for cleanliness can either be direct detection of contaminants, or simulation of potential reliability problems by accelerated testing on test coupons or actual product.

A comprehensive quality program would also include ongoing process monitoring, qualification and inspection of materials used in manufacture, such as soldering fluxes.

The extent of the quality assurance program, frequency of inspection, and end-point requirements is related to product application and expected performance, i.e., class of service.

Quality data should be collected in a form suitable to track process trends, and to make rapid corrective action if necessary. It should be recorded to inform suppliers of incoming material and customers of product.

This section covers these aspects of quality assurance: elements of a quality program, description of test methods, requirements for classes of service, data collection and reporting.

8.2 Good Manufacturing Procedures

8.2.1 Quality Program Inspection and control of cleanliness should be part of an overall quality plan for manufacturing. Examples of elements of a quality plan relating to cleanliness are listed in Table 8-1, derived from the American National Standard Z1.15, prepared by the American Society for Quality Control. Each of these elements are expanded in more detail as follows.

Table 8-1 Elements of a Quality Assurance Program

Paragraph	Element
8.2.2	Documentation
8.2.3	Control of Procured Material
8.2.4	Manufacturing Controls
8.2.5	Completed Item Inspection
8.2.6	Control of Nonconforming Materials
8.2.7	Corrective Action Program
8.2.8	Storage, Handling and Packaging
8.2.9	Periodic Product Qualification
8.2.10	Quality Information
8.2.11	Field Performance Data
8.2.12	Process Monitoring
8.2.13	Data Collection and Reporting

8.2.2 Documentation of the Quality System Documentation of the entire manufacturing process and quality system is critical. It should cover all manufacturing processes and quality/reliability-related activities, not only those performed by the Quality Organization.

A typical hierarchy of documentation is shown in Table 8-2, ranging from policy statements of company commitment to quality, to detailed shop floor instructions. A majority of this information may be available electronically. IPC test methods are available on the IPC website at www.ipc.org.

8.2.3 Control of Procured Material Ordering information for materials, whether included as special instructions on a purchase order, a contractual agreement, notes on a drawing, or preferably in a procurement specification, should contain requirements pertaining to cleanliness. This could be a direct cleanliness requirement for materials used in assembly, such as printed boards and components, or specific properties of process chemicals, such as boiling point of a cleaning agent.

Vendors of material should be qualified initially to a specification, and periodically re-qualified based on analysis of quality data.

On-going quality of procured material shall be determined by one or more of the following: vendor quality data (see 8.2.13), inspection at the source, or by incoming inspection.

10. Bruce Moloznik, Alpha Metals, Inc.

Table 8-2 Documentation Hierarchy

Document	Function	Content
Quality Manual	Administrative and Procedural	-Company policy -Organization and responsibilities -Activities related to Table 8-1
Procurement Specifications	Material Control	-Drawings -Purchase orders -Incoming inspection -Qualification procedure
Process Specifications	Manufacturing Control	-Control points in-process -Sampling procedure -Test/inspection methods -Accept/reject criteria -Workmanship standards -Shop floor aids

An approved vendor list should be maintained by the engineering organization. Parts and materials should only be purchased from vendors on this list.

8.2.4 Manufacturing Controls Inspection standards and process limits should be established for each step in manufacturing. A flow chart of the process will be helpful in determining these steps. Sampling and data summarization should be statistically based. (See IPC-PC-90 for information on statistical process control (SPC).) Test coupons, either boards from the production or separate boards processed in parallel with production boards, may be appropriate for tests such as insulation resistance.

A maintenance procedure for equipment, including periodic calibration, and schedule for changing process chemicals such as plating baths, solder fluxes and cleaning agents, should assure the process operation within the established limits.

8.2.5 Completed Item Inspection Finished product, whether printed boards or assemblies, should be inspected to assure that products are not shipped unless all quality and performance requirements are met.

Final test should simulate customer use of the product. The quality organization should run a separate audit on final test to provide independent estimates of outgoing quality.

8.2.6 Control of Nonconforming Materials Nonconforming material, determined at incoming inspection, in-process or final test, should be clearly marked and segregated from conforming materials and products.

8.2.7 Corrective Action Program Corrective action is the response to nonconforming material or a quality deficiency. For example, components with poor solderability due to contamination could be subjected to pre-cleaning, or would be rejected and returned to the vendor.

Corrective action in process could be part of an SPC plan.

8.2.8 Storage, Handling and Packaging Storage conditions should be clean, and preferably humidity controlled. Handling procedures should avoid contamination with fingerprints, using gloves or mechanical pick-up where appropriate. Paper packing materials should be sulfur-free.

Printed boards with a temporary organic protective coating over bare copper are storage sensitive and should be used on a first-in-first-out basis.

8.2.9 Periodic Product Qualification Product qualification testing assesses the ability to meet all design requirements. These tests are more extensive than those regularly performed in process or with final testing. They include environmental stress such as high temperature/high humidity exposure for printed boards to accelerate effects from residual contamination.

8.2.10 Quality Information Quality records should be kept for all inspections performed, to aid the quality personnel to identify deficiencies, and to demonstrate effective operation of the quality system. Data may be handled electronically, and it should be summarized periodically (say weekly) in report form for presentation to management. Reports should use control and/or trend charts for variables/attributes data. (See 8.2.13.)

8.2.11 Collection and Analysis of Field Performance Data Where possible there should be feedback of information from users of the product on in-service problems. Cleanliness problems at the board level can affect yield at assembly. The assembler would notify the board vendor in this case. An original equipment manufacturer of electronic assemblies should analyze customer defect rates for their dominant cause, which could be due to improper cleaning.

8.2.12 Process Monitoring In addition to inspection and tests on materials, boards, and components, the cleaning process itself should be monitored for temperature and contamination levels. The supplier of cleaning equipment should be consulted for necessary control parameters.

In a flowing aqueous cleaning system, a conductivity meter similar to that used for solvent extract conductivity measurement, may conveniently monitor input/output resistivity. In a batch system a conductivity meter may conveniently monitor final rinse water quality.

In a solvent cleaning system, the level of acid acceptors should be checked periodically, if applicable. Simple test kits are available for this measurement. In systems containing alcohol the alcohol concentration should be monitored as well. The nonvolatile residue (NVR) should be monitored in the boil sump frequently, and in the final rinse sump occasionally.

8.2.13 Data Collection and Reporting Effective data analysis is a keystone to efficient, economic control of

quality. There are a wide range of statistical methods available, which fall into two broad categories: attributes and variables.

8.3 Test and Validation It is important to understand the type, level and effect of residues in order to predict and ensure reliability performance of product. The absolute value of test results or measurements might not be always meaningful; for example, Resistance of Solvent Extract (ROSE) testing (IPC-TM-650, 2.3.25) is not able to identify the difference between clean or dirty (corrosive or noncorrosive) residues. However, applying good judgement, these tests will be helpful in process monitoring and quality assurance.

Today's fabrication and process residues are very different from the traditional rosin based fluxes and solvent cleaning residues used over the last 25 to 30 years. Since there is a wide range of materials and processing techniques, a different assessment approach is needed to understand the residues type, level, electrical effect and their impact on reliability.

There are two types of measurement techniques: direct and indirect. Process and materials qualification/validation can be achieved by using a mix of direct and indirect testing.

Materials assessment can be done using SIR testing (IPC-TM-650, 2.6.3.3) with the standard IPC test coupons (e.g., IPC-B-24, IPC-B-36) or custom test coupons. Process assessment can be done using actual product and a mix of technology in either high humidity/temperature (85/85) or temperature cycling conditions appropriate for the product type. Functional testing should be performed after environmental stress screening (ESS). Prior to these ESS tests the cleanliness levels should be analyzed for ionic and organic levels using Ion Chromatography (IPC-TM-650, 2.3.28) at the major steps of the assembly process to understand the sources of corrosive and insulative residues. For Department of Environment (DOE) standard, the areas of analysis would be the contamination levels of incoming bare board, cleaned samples after assembly of components, reflow/wave soldering, repair/rework. The results will then be compared to a current or field proven process. Within this DOE standard, ROSE testing could be done to understand the baseline level of the ion chromatography data with a gross percentage of contamination as process indicator. However, this process indicator may not change even if the contamination and corrosivity risks increase greatly. The recommended monitoring program is to use the Modified ROSE testing protocol that uses the same extraction solution as the ion chromatography and measures the total conductivity of the ion chromatography extraction solution. For all the above-mentioned tests, a critical element is identifying the amounts of visible residues before and after ESS conditioning.

8.3.1 Direct Detection of Contamination Cleanliness tests which detect actual contamination directly are generally made on product rather than on test coupons. These tests may qualitatively indicate the presence of a type of contaminant, or quantitatively determine the amount. A summary of so-called "direct" tests is made in Table 8-3. An outline of the principle of each test is given as follows. For further practical details see the given IPC reference method or an equivalent method.

8.3.1.1 Visual Process residues that can be seen include embedded abrasive particles from a mechanical cleaning process, salts and corrosion products from wet chemical processes such as plating, flux and solder spatter from a wave soldering process or solder balls from a reflow process, and "white residues." Handling and storage can further contribute stains from fingerprints, airborne dust and films.

The resolution of visual testing may be improved by use of special lighting, such as shadowless fluorescent ring illumination. Organic materials may respond to ultraviolet black light. Magnification is useful up to 30X. Particularly for higher magnification (10X), a video system will reduce operator fatigue.

Accept/reject criteria for visual tests are necessarily subjective, but operator judgment can be somewhat normalized by clear visual aids, preferably photographs of product.

Table 8-3 Direct Cleanliness Tests

Paragraph	Test	Measures	Qualitative or Quantitative	IPC Reference
8.3.1.1	Visual	Particles and Residues	QL	IPC-A-610
8.3.1.2	Ion Chromatography	Ionic Contamination	QT	IPC-TM-650, 2.3.28
8.3.1.3	Solvent Extract Conductivity	Ionic Contamination	QL QT	IPC-TM-650, 2.3.25
8.3.1.4	Surface Organic Contamination	Nonionic Contamination	QL QT	IPC-TM-650, 2.3.38, and 2.3.39
8.3.1.5	Flux Removal	Rosin Residues	QT	IPC-TM-650, 2.3.27
8.3.1.6	Surface Analysis	Trace Contaminants	QT	—

Visual cleanliness tests are the easiest to perform and they should be used throughout the manufacturing process, at least until the process is fully characterized and controlled by other means.

8.3.1.2 Ionic Conductivity Testing (Ion Chromatography) This test is based on the principle that the corrosive and insulative residues can be removed using a liquid media, and ionic analysis will separate, identify and quantify the residues from this liquid media. This separation is done through a specific balance between resin charging and liquid mobile phase washing of the resin before passing through a sensitive conductivity cell. The analytical output is a measure of contamination per unit area (e.g.,micrograms per square inch of a given species, such as bromide).

The Ion Chromatography (IC) testing is not suggested as a daily process monitor but rather as a process map showing the effects of different process steps or as a cleanliness snapshot of a process. On the other hand, it is used as a failure analysis tool to determine the root cause of corrosive contamination. IC testing on indirect test coupons can show similarities or differences of the coupons and functional electronic hardware; it is important to ensure that the test is done on a representative coupon. IC testing can also be used as a prediction tool for field performance if past performance of the product is well archived and understood.

IC analysis (per IPC-TM-650, 2.3.28) has four primary areas:

Extraction – Solvent/water system (75% 2-propanol, 25% deionized water) extraction at 80°C (± 0.5°C) [176°F (± 0.9°C)] for 1 hour (± 1.0 min) in a static KAPAK™ bag suspended inside a water bath. The bag shall fulfill cleanliness requirements specified and withstand typical sharpness of leads at 80°C (± 0.5°C) [176°F (± 0.9°C)]. Surface area of the test specimen will be measured and recorded, along with the volume of 2-propanol/water solution used.

Analysis by a Dionex or equivalent system. 3 to 5 ml of extract solution is injected into the Ion Chromatograph that will separate the ionic and organic elements based on molecular weight and valence charge strength. This is done by washing the ionic like groups off a resin column system using a liquid mobile phase at 1-2 ml per min, 1000 to 2400 psi. Conductance was measured (in nanoseimens) as the liquid phase flows pass a very sensitive conductivity cell. The conductance changes are plotted over time. Typical sample runs range anywhere from 5 to 30 minutes.

Species Identification is done using known standards (NIST traceable) to identify the specific elution time for each species. Typical species identified on an anion column are fluoride, chloride, methane sulfonic acid, bromide, nitrate, nitrite, phosphate, formate, acetate, abeitic acid (rosin), sulfate, and weak organic acids (WOA). Typical WOA no-clean activators are succinic acid, gultaric, malic, and other similar weak acids. Typical cation are sodium, potassium, ammonia, calcium and magnesium.

Data Analysis is the most important element in the proper identification of type and level of extractable residues, so as to know their impact on reliability. The analysis is based on the understanding between known controls and the unknown sample being analyzed. Knowledge of chemicals involved in all stages of fabrication, assembly and cleaning processes, for example etchants, rinse water, flux activators and wash additives, is important in determining the identity of sample peaks. Better separation due to different elution time by using different columns or mobile phases will also help in identification of species. Besides identification, the quantity of each residue and their combined effects, considering their hydrophilic or hydroscopic nature, should also be determined in order to understand their corrosive or insulative behavior and their impact on the reliability of product.

8.3.1.3 Solvent Extract Conductivity This test is based on the principle that the electrical conductivity (the reciprocal of resistivity) of a dilute aqueous solution is directly proportional to the concentration of dissolved ions. The proportionality constant will depend on the ionic species. For practical measurements, sodium chloride (NaCl) is used to calibrate the test, and results are expressed in terms of contamination per unit area, e.g., micrograms per square inch of sodium chloride equivalent.

Circuit boards or assemblies are washed in a mixture of water and 2-propanol (ranging from 40% to 75% 2-propanol depending on test procedure), to ensure release of ions from organic residues such as flux.

Washing may be done by spraying or immersion with a known volume of solution, typically 10 to 20 ml per square inch of surface; or in a commercial recirculating instrument. (See IPC-TM-650, 2.3.25.)

For both methods pass/fail criteria are best determined by calibration against a standard NaCl solution, giving an amount of NaCl similar to the test specimen. Commercial testers are generally equipped with a microprocessor that gives a direct reading in g/in^2 NaCI equivalent. Examples of instruments are listed in Table 8-4.

Table 8-4 Examples of Commercial Instruments for Solvent Extract Conductivity Tests

Instrument Name	Supplier
Ionograph	Alpha Metals Inc.
Omega Meter	Alpha Metals Inc.
Contaminometer	Protonique SA
Ionex 2000	Kester Solder
Zero Ion	Lonco
Icom 4000	Westek

8.3.1.4 Surface Organic Contamination This test is based on the ability of acetonitrile (HPLC grade) to dissolve a wide range of organic materials. The solvent is dripped onto printed board assemblies, and the residue is collected and slowly dried on a glass microscope slide. Washing and drying are carried out with sequential volumes of around 0.25 to 0.50 ml to an overall total of 2 ml of fluid per square inch of washed surface area (including components). Qualitative presence of organic contamination above 10 micrograms per cm^2, is confirmed by visual examination of the slide. (See IPC-TM-650, 2.3.38.)

Organic contamination may subsequently be transferred from the slide, with a further acetonitrile wash, onto a multiple internal reflectance plate. The material may then be identified by infrared spectrophotometric analysis. An instrument such as a Perkin Elmer Model 283 Infrared Spectrophotomer or equivalent is suitable. (See IPC-TM-650, 2.3.39.)

However, these procedures should only be performed by qualified personnel in a fume hood.

An alternative method is to use 2-propanol as the solvent and ultraviolet spectrometry as the inspection method. (See IPC-TR-580.)

8.3.1.5 Flux Removal If rosin base flux is the main organic contaminant of concern, as in determining the effectiveness of a cleaning process in removing flux from beneath surface mount components, a simpler method may be used. (See IPC-TM-650, 2.3.27.) Reagent grade anhydrous 2-propanol is applied to the area by a dropper or immersion in a shallow tray. The wash solution is evaporated to dryness in a small beaker (25 or 50 ml), or alternatively dripped onto the center of a circle of filter paper.

To the beaker, add 20 drops (1 ml) of acetic anhydride, followed by one drop of concentrated sulfuric acid. A color change indicates the presence of rosin, with a sensitivity as little as 75 micrograms.

For the filter paper version of the test apply one drop of sucrose syrup (30g in 100 ml water), then one drop of sulfuric acid. A pink or red color will briefly show around the carbonized paper if rosin was present.

8.3.1.6 Surface Analysis Although hardly suitable for routine quality assurance, there are a number of powerful physical methods for analyzing surface contamination. Their use is appropriate for trouble-shooting processes with elusive problems, or in failure analysis of boards and assemblies from either field returns or qualification testing.

Physical methods use electromagnetic radiation: X-rays, electrons or infrared, to excite atoms and molecules on the surface, then analyze the resultant spectra. They generally require a small sample which is examined in a vacuum. The results require skillful interpretation. A summary of methods is given in Table 8.5.

8.3.2 Indirect Detection of Contamination In addition to direct tests, there are tests which monitor the effects of contamination (usually electrically), and tests which otherwise relate to cleanliness. These indirect tests measure simulated effects on test coupons and dummy components using the same assembly and cleaning materials. They include test for corrosiveness of flux; if it is found "non-corrosive" cleaning may not be required functionally, though assemblies may be cleaned for cosmetic reasons. Flux activity is associated with solderability. Poor solderability may warrant tightening specification requirements for solderability, use of a more active flux, or pre-cleaning parts. Cleanliness related or "indirect" tests are listed in Table 8-6. A summary of indirect tests follows.

8.3.2.1 Visual One of the main visible effects of contamination in printed boards is adhesion failure. Between multilayers, this appears as delamination. Surface coating such as solder mask or conformal coatings, particularly when exposed to humidity, may show "mealing" under the coating or actual lifting. This is due to contamination attracting moisture and creating high osmotic pressure.

8.3.2.2 Corrosiveness of Flux Although, by definition, all soldering fluxes are chemically active at soldering temperatures, the residues may show negligible activity when cooled to room temperature. "Noncorrosive" residue need not necessarily be removed, even for high reliability applications.

Table 8-5 Physical Methods for Surface Analysis

Instrument	Detects	Comments
SEM (scanning electron microscope)	Small particles	Size and shape only
SEM with x-ray analysis	Atomic elements >Li	Can show compositional map of surface
ESCA (electron spectroscopy for chemical analysis)	Chemical binding states	Can infer presence of H, large area of monolayers
Auger Spectroscopy	Atomic elements >He	Only outer few atomic layers
SIMS (secondary ion mass spectroscopy)	All elements	Sensitivity to ppb in outer monolayers
FT-IR (Fourier transform infra-red spectroscopy	Vibration of elements lighter than Cl	Needs 1 µm of material, or many passes on thinner layers

Table 8-6 Indirect Cleanliness Tests

Paragraph	Test	Measures	Qualitative or Quantitative	IPC Reference
8.3.2.1	Visual	Delamination in layers, mealing under coatings	QL	IPC-A-600
8.3.2.2	Corrosiveness of flux	Flux activity	QT	ANSI/J-STD-004
8.3.2.3	Insulation resistance (SIR)	Electrical leakage between conductors	QT	IPC-TM-650, 2.5.27 and 2.6.3.3
8.3.2.4	Electrochemical Migration	Conductive filament growth	QT	IPC-TM-650, 2.5.27 and 2.6.14.1
8.3.2.5	Contact resistance	Films on connectors	QT	IPC-TM-650, 3.1
8.3.2.6	Solderability	Inorganic/organic contamination	QL QT	J-STD-003

Conversely, the process for removing "corrosive" residues from assemblies intended for high reliability applications should be continuously monitored by tests such as solvent extract conductivity. (See 8.3.1.3.)

Specifications, such as Telcordia Technologies' GR-78-CORE Generic Physical Design Requirements for Telecommunications Products and Equipment, or J-STD-004 General Requirements for Electronic Soldering Fluxes, categorize "noncorrosive" or type L (no or low activity for residues) fluxes respectively. Classification is based on results from tests such as corrosion of copper mirror, halide content, and surface insulation resistance.

Liquid based fluxes should be tested in the as-used condition. Solid fluxes used in cored solder or the nonmetal constituents of solder paste should either be obtained from the supplier, or extracted with 2-propanol from the cored wire which has been cut into short lengths.

8.3.2.3 Surface Insulation Resistance (SIR) Surface insulation resistance is normally measured using an interdigitated comb or parallel track test pattern, which is either incorporated into a production panel, or is processed as a separate board in parallel with production boards.

The test involves exposing the test pattern to controlled conditions of temperature and humidity, either constant or cycling, and measuring the surface insulation resistance. Examples of suitable measuring instruments are given in Table 8-7. Examples of suitable test patterns are IPC-B-25 and IPC-B-36. (See IPC-TM-650, 2.5.27 and 2.6.3.3.)

8.3.2.4 Electrochemical Migration The same test patterns and procedures that are used for insulation resistance testing may be used to assess tendency for electrochemical migration. The difference in test conditions is that a small DC bias (typically 10V) is applied to the test pattern during temperature/humidity conditioning. (See IPC-TM-650, 2.5.27 and 2.6.14.1.)

Examples of different behavior are shown in Figure 8-1. Small amounts of ionic contamination will be "cleaned-up" by polarization under bias, but larger amounts may encourage growth of metallic filaments between conductors.

To prevent burn-out of filaments that are formed, bias current should be limited with a high value resistor (e.g., 1 megohm) in series with each test pattern. Also, bias voltages should not produce unrealistic potential gradients in the insulating board material causing, for example, corona effects and mobility of ionophores in epoxy.

8.3.2.5 Contact Resistance Factory contamination has been shown to be a major cause of reliability problems in electrical connectors. Gold plated contact fingers on printed boards are particularly susceptible. Possible effects of contamination may be indicated by a four-wire contact resistance measurement. To avoid puncturing any films present, test currents should be limited to less than 20 A, and open-circuit test voltages to less than 50 mV (i.e., "dry circuit" conditions). (See IPC-TM-650, 3.1.)

8.3.2.6 Solderability Solderability testing should be performed on printed boards (see J-STD-003) and components (see J-STD-002) at two stages in production: as an incoming inspection test, and immediately prior to assembly. The incoming test should use a nonactivated flux. The pre-production test should use the actual flux used in manufacture, or simply run a test board through the soldering process.

Table 8-7 Examples of Insulation Resistance Testers

Supplier	Model	Features
General Radio	1864 Megohmmeter	Manual
Alpha Metals	Sirometer	Automatic 24 channels standard
Protonique SA	Insulohmeter, IRMA-1	Automatic 20 channels standard

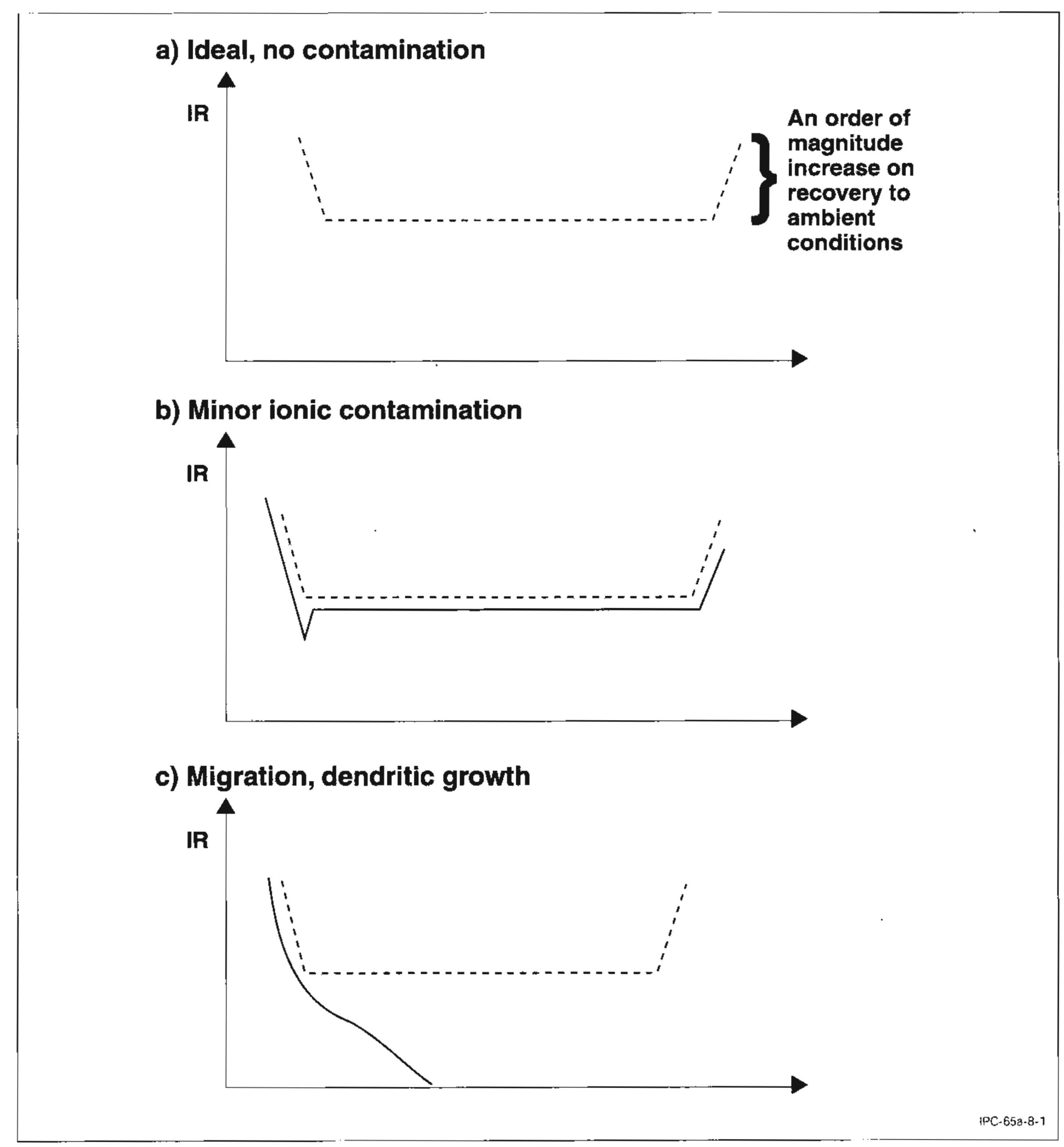


Figure 8-1 Examples of Insulation Resistance Response to Humidity and Bias



ANSI/IPC-T-50 Terms and Definitions for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits Definition Submission/Approval Sheet

The purpose of this form is to keep current with terms routinely used in the industry and their definitions. Individuals or companies are invited to comment. Please complete this form and return to:

IPC
2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135
Fax: 847 509.9798

SUBMITTOR INFORMATION:

Name: ______

Company: ______

City: ______

State/Zip: ______

Telephone: ______

Date: ______

❑ This is a **NEW** term and definition being submitted.
❑ This is an **ADDITION** to an existing term and definition(s).
❑ This is a **CHANGE** to an existing definition.

Term	Definition

If space not adequate, use reverse side or attach additional sheet(s).

Artwork: ❑ Not Applicable ❑ Required ❑ To be supplied
❑ Included: Electronic File Name: ______

Document(s) to which this term applies: ______

Committees affected by this term: ______

Office Use

IPC Office	**Committee 2-30**
Date Received: ______	Date of Initial Review: ______
Comments Collated: ______	Comment Resolution: ______
Returned for Action: ______	Committee Action: ❑ Accepted ❑ Rejected ❑ Accept Modify
Revision Inclusion: ______	

IEC Classification

Classification Code • Serial Number

Terms and Definition Committee Final Approval Authorization:

Committee 2-30 has approved the above term for release in the next revision.

Name: ______ Committee: IPC 2-30 Date: ______

This Page Intentionally Left Blank

Technical Questions

The IPC staff will research your technical question and attempt to find an appropriate specification interpretation or technical response. Please send your technical query to the technical department via:

tel 847/509-9700 fax 847/509-9798
www.ipc.org e-mail: answers@ipc.org

IPC World Wide Web Page www.ipc.org

Our home page provides access to information about upcoming events, publications and videos, membership, and industry activities and services. Visit soon and often.

IPC Technical Forums

IPC technical forums are opportunities to network on the Internet. It's the best way to get the help you need today! Over 2,500 people are already taking advantage of the excellent peer networking available through e-mail forums provided by IPC. Members use them to get timely, relevant answers to their technical questions. Contact KeachSasamori@ipc.org for details. Here are a few of the forums offered.

TechNet@ipc.org

TechNet forum is for discussion of issues related to printed circuit board design, assembly, manufacturing, comments or questions on IPC specifications, or other technical inquiries. IPC also uses TechNet to announce meetings, important technical issues, surveys, etc.

ComplianceNet@ipc.org

ComplianceNet forum covers environmental, safety and related regulations or issues.

DesignerCouncil@ipc.org

Designers Council forum covers information on upcoming IPC Designers Council activities as well as information, comments, and feedback on current designer issues, local chapter meetings, new chapters forming, and job opportunities. In addition, IPC can set up a mailing list for your individual Chapter so that your chapter can share information about upcoming meetings, events and issues related specifically to your chapter.

Gencam@ipc.org

Gencam deals with issues regarding the Gencam™ standards and specifications for Printed Circuit Board Layout and Design.

LeadFree@ipc.org

This forum acts as a peer interaction resource for staying on top of lead elimination activities worldwide and within IPC.

IPC_New_Releases@ipc.org

This is an announcement forum which subscribers can receive notice of new IPC publications, updates and standards.

ADMINISTERING YOUR SUBSCRIPTION STATUS:

All commands (such as subscribe and signoff) must be sent to listserv@ipc.org. Please DO NOT send any command to the mail list address, (i.e.<mail list> @ipc.org), as it would be distributed to all the subscribers.

Example for subscribing:
To: LISTSERV@IPC.ORG
Subject:
Message: subscribe TechNet Joseph H. Smith

Example for signing off:
To: LISTSERV@IPC.ORG
Subject:
Message: signoff DesignerCouncil

Please note you must send messages to the mail list address ONLY from the e-mail address to which you want to apply changes. In other words, if you want to sign off the mail list, you must send the signoff command from the address that you want removed from the mail list. Many participants find it helpful to signoff a list when travelling or on vacation and to resubscribe when back in the office.

How to post to a forum:

To send a message to all the people currently subscribed to the list, just send to <mail list>@ipc.org. Please note, use the mail list address that you want to reach in place of the <mail list> string in the above instructions.

Example:
To: TechNet@IPC.ORG
Subject: <your subject>
Message: <your message>

The associated e-mail message text will be distributed to everyone on the list, including the sender. Further information on how to access previous messages sent to the forums will be provided upon subscribing.

For more information, contact Keach Sasamori
tel 847/790-5315 fax 847/504-2315
e-mail: sasako@ipc.org www.ipc.org/html/forum.htm

BENEFITS OF IPC MEMBERSHIP

Education and Training

IPC conducts local educational workshops and national conferences to help you better understand conventional and emerging technologies. Members receive discounts on registration fees. Visit www.ipc.org to see what programs are coming to your area.

IPC Certification Programs

IPC provides world-class training and certification programs based on several widely-used IPC standards, including the IPC-A-610, the J-STD-001, and the IPC-A-600. IPC-sponsored certification gives your company a competitive advantage and your workforce valuable recognition.

For more information on programs, contact Alexandra Curtis
tel 847/790-5377 fax 847/509-9798
e-mail: curtal@ipc.org www.ipc.org

IPC Video Tapes and CD-ROMs

IPC video tapes and CD-ROMs can increase your industry know-how and on the job effectiveness. Members receive discounts on purchases.

For more information on IPC Video/CD Training, contact Mark Pritchard
tel 505/758-7937 ext. 202 fax 505/758-7938
e-mail: markp@ipcvideo.org www.ipc.org

IPC Printed Circuits Expo®



IPC Printed Circuits Expo is the largest trade exhibition in North America devoted to the PWB manufacturing industry. Over 90 technical presentations make up this superior technical conference. Visit www.ipcprintedcircuitexpo.org for upcoming dates and information.

Exhibitor information:
Contact: Mary MacKinnon
Sales Manager
tel 847/790-5386
e-mail: MaryMackinnon@ipc.org

Alicia Balonek
Exhibits Manager
tel 847/790-5398
e-mail: AliciaBalonek@ipc.org

Registration information:
tel 847/790-5361
fax 847/509-9798
e-mail: registration@ipc.org

APEX® / IPC SMEMA Council Electronics Assembly Process Exhibition & Conference



APEX is the premier technical conference and exhibition dedicated entirely to the electronics assembly industry. Visit www.GoAPEX.org for upcoming dates and more information.

Exhibitor information:
Contact: Mary MacKinnon
tel 847/790-5386
e-mail: MaryMacKinnon@ipc.org

Registration information:
tel 847/790-5360
fax 847/509-9798
e-mail: goapex@ipc.org

How to Get Involved

The first step is to join IPC. An application for membership can be found in the back of this publication. Once you become a member, the opportunities to enhance your competitiveness are vast. Join a technical committee and learn from our industry's best while you help develop the standards for our industry. Participate in market research programs which forecast the future of our industry. Participate in Capitol Hill Day and lobby your Congressmen and Senators for better industry support. Pick from a wide variety of educational opportunities: workshops, tutorials, and conferences. More up-to-date details on IPC opportunities can be found on our web page: www.ipc.org.

For information on how to get involved, contact:
Jeanette Ferdman, Membership Director
tel 847/790-5309 fax 847/509-9798
e-mail: JeanetteFerdman@ipc.org www.ipc.org



Application for Site Membership

Thank you for your decision to join IPC. IPC Membership is **site specific,** which means that IPC member benefits are available to all individuals employed at the site designated on the other side of this application.

To help IPC serve your member site in the most efficient manner possible, please tell us what your facility does by choosing the most appropriate member category.

PLEASE CHECK APPROPRIATE CATEGORY

■ **INDEPENDENT PRINTED BOARD MANUFACTURERS**

Our facility manufactures and sells to other companies, printed wiring boards or other electronic interconnection products on the merchant market.

WHAT PRODUCTS DO YOU MAKE FOR SALE?

- ☐ One-sided and two-sided rigid printed boards
- ☐ Multilayer printed boards
- ☐ Flexible printed boards
- ☐ Flat cable
- ☐ Hybrid circuits
- ☐ Discrete wiring devices
- ☐ Other interconnections

Name of Chief Executive Officer/President________________________________

■ **INDEPENDENT PRINTED BOARD ASSEMBLERS EMSI COMPANIES**

Our facility assembles printed wiring boards on a contract basis and/or offers other electronic interconnection products for sale.

- ☐ Turnkey
- ☐ SMT
- ☐ Chip Scale Technology
- ☐ Through-hole
- ☐ Mixed Technology
- ☐ Consignment
- ☐ BGA

Name of Chief Executive Officer/President________________________________

■ **OEM – MANUFACTURERS OF ANY END PRODUCT USING PCB/PCAs OR CAPTIVE MANUFACTURERS OF PCBs/PCAs**

Our facility purchases, uses and/or manufactures printed wiring boards or other electronic interconnection products for our own use in a final product. Also known as original equipment manufacturers (OEM).

IS YOUR INTEREST IN:

- ☐ purchasing/manufacture of printed circuit boards
- ☐ purchasing/manufacturing printed circuit assemblies

What is your company's main product line?

____

■ **INDUSTRY SUPPLIERS**

Our facility supplies raw materials, machinery, equipment or services used in the manufacture or assembly of electronic interconnection products.

What products do you supply?

____

■ **GOVERNMENT AGENCIES/ ACADEMIC TECHNICAL LIAISONS**

We are representatives of a government agency, university, college, technical institute who are directly concerned with design, research, and utilization of electronic interconnection devices. (Must be a non-profit or not-for-profit organization.)

Please be sure to complete both pages of application.

Application for Site Membership



Company Name ____________________

Street Address ____________________

City ________ State ________ Zip ________ Country ________

Main Phone No. ________ Fax ________

Primary Contact Name ____________________

Title ________ Mail Stop ________

Phone ________ Fax ________ e-mail ________

Senior Management Contact ____________________

Title ________ Mail Stop ________

Phone ________ Fax ________ e-mail ________

Please check one:

❑ $1,000.00 Annual dues for Primary Site Membership (Twelve months of IPC membership begins from the time the application and payment are received)

❑ $800.00 Annual dues for Additional Facility Membership: Additional membership for a site within an organization where another site is considered to be the primary IPC member.

❑ $600.00** Annual dues for an independent PCB/PWA fabricator or independent EMSI provider with annual sales of less than $1,000,000.00. **Please provide proof of annual sales.

❑ $250.00 Annual dues for Government Agency/University/not-for-profit organization

TMRC Membership ❑ Please send me information on Membership in the Technology Marketing Research Council (TMRC)

AMRC Membership ❑ Please send me information for Membership in the Assembly Marketing Research Council (AMRC)

Payment Information

Enclosed is our check for $________

Please bill my credit card (circle one) MC AMEX VISA DINERS

Card No ____________________ Exp date ________

Authorized Signature ____________________

Mail application with check or money order to:

IPC
Dept. 851-0117W
P.O. Box 94020
Palatine, IL 60094-4020

Fax/Mail application with credit card payment to:

IPC
2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135
Tel. 847 509.9700
Fax: 847 509.9798

PLEASE ATTACH BUSINESS CARD OF OFFICIAL REPRESENTATIVE HERE

145



Standard Improvement Form

IPC-CH-65A

The purpose of this form is to provide the Technical Committee of IPC with input from the industry regarding usage of the subject standard.

Individuals or companies are invited to submit comments to IPC. All comments will be collected and dispersed to the appropriate committee(s).

If you can provide input, please complete this form and return to:

IPC
2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135
Fax 847 509.9798

1. I recommend changes to the following:

___ Requirement, paragraph number ________

___ Test Method number ________, paragraph number ________

The referenced paragraph number has proven to be:

___ Unclear ___ Too Rigid ___ In Error

___ Other ____

2. Recommendations for correction:

____

____

____

____

3. Other suggestions for document improvement:

____

____

____

____

Submitted by:

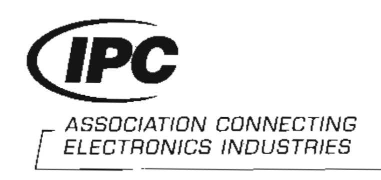
Name ________________________ Telephone ________________

Company ________________________ E-mail ________________

Address ____

City/State/Zip ________________________ Date ________________





2215 Sanders Road, Northbrook, IL 60062-6135
Tel. 847 509 9700 Fax 847 509 9798
www.ipc.org